COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS ET Cie, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME CENT QUATRE-VINGT-QUINZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE **1932**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS et Cie, IMPRIMEURS-LIBRAIRES

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1932

COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 JUILLET 1932.

PRÉSIDENCE DE M. ROBERT BOURGEOIS.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Paul Vuillemin**, Correspondant pour la Section de Botanique, survenu pendant le mois de juin, et celui de M. **Bernhard Bang**, Correspondant pour la Section d'Économie rurale, survenu le 22 juin à Copenhague.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **Zaremba**, professeur de l'Université de Cracovie, membre de l'Académie de Pologne, qui assiste à la séance.

NÉCROLOGIE. — *Notice sur* JEAN-PAUL VUILLEMIN, *Correspondant pour la Section de Botanique*, par M. **Henri Lecomte**.

M. Paul Vuillemin est né à Docelles (Vosges) le 13 février 1861; après avoir poursuivi ses études à Nancy, il a accompli toute sa carrière dans la même ville, où il était nommé, en 1895, professeur titulaire d'Histoire naturelle médicale à la Faculté de Médecine; élu Correspondant le 17 février 1913.

M. le docteur Paul Vuillemin a publié un nombre considérable de notes et mémoires sur les sujets les plus variés de la Botanique; tous ces travaux sont caractérisés par la précision et la minutie des observations, par le sens critique qui préside à l'interprétation des résultats, par une impeccable érudition et enfin par les conclusions toujours originales qui donnent à des observations, en apparence banales, une haute portée scientifique et philosophique (Rapport de notre confrère M. Mangin, 1912).

Les travaux de Cryptogamie et de Pathologie végétale ont valu à M. P. Vuillemin l'attribution du prix Montagne en 1902. Le rapporteur de la Commission, notre regretté confrère M. Prillieux, écrivait ce qui suit :

« L'auteur a fait preuve des plus remarquables qualités d'observateur; il est familiarisé avec les méthodes perfectionnées de la science moderne.

» Fort érudit et très au courant des opinions émises sur les plus hautes questions de biologie végétale, il profite toujours de l'étude des faits de détail qu'il observe pour en tirer quelques conséquences se rapportant aux grandes questions d'ordre général. »

Dans toute sa vie de botaniste, le docteur Paul Vuillemin s'est toujours efforcé de montrer l'importance des caractères anatomiques dans la connaissance des plantes et en particulier dans les principes de leur classification; à ce point de vue, il était le disciple de notre illustre et regretté confrère M. Ph. Van Tieghem.

Dans sa Thèse de doctorat en médecine, consacrée à la tige des Composées, M. Vuillemin montre que les caractères fournis par l'histologie et l'anatomie permettent de définir, dans cette grande famille, des groupes aussi naturels que ceux établis sur la morphologie de la fleur et du fruit.

Mais c'est surtout dans sa Thèse de doctorat ès sciences, consacrée à l'étude de la subordination des caractères de la feuille dans le phylum des *Anthyllis*, que M. Vuillemin a montré combien la connaissance intime des plantes est utile au classificateur qui cherche à établir la filiation des végétaux. Le genre *Anthyllis* a été choisi comme exemple parce que ses limites sont indécises et varient avec les auteurs. Par une étude approfondie du système foliaire M. Vuillemin a mis en balance les caractères anatomiques les plus variés. Certains d'entre eux, négligeables dans d'autres groupes, tiennent un rang élevé dans le phylum des *Anthyllis*.

Les conclusions de ce remarquable travail démontrent le fait déjà signalé par Lamarck, que la subordination des caractères est toute relative, la dignité de chacun d'eux variant beaucoup selon les plantes considérées.

Les anomalies végétales ont longuement retenu l'attention du docteur Vuillemin et en 1926 il publiait un traité intitulé *Les anomalies végétales, leur cause biologique*, dans lequel il considère les anomalies végétales à un point de vue tout à fait nouveau.

Dans toute sa vie le docteur Paul Vuillemin s'est montré le botaniste sagace ayant exploré avec succès les principaux chapitres de la botanique. En 1918, Paul Vuillemin donnait pour les *Comptes rendus* plusieurs Notes sur *les principes de la classification végétale* que ne pourront oublier les botanistes de l'avenir.

Avec le décès de Paul Vuillemin, l'Académie perd l'un de ses plus actifs correspondants.

Au nom de l'Académie, j'adresse à Madame Paul Vuillemin et à sa famille toutes nos condoléances et l'expression de notre vive sympathie dans le deuil qui vient de les frapper.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE. — *La mémoire organique* (*addition latente, anaphylaxie, etc.*). Note [1] de M. **Charles Richet**.

I. On regarde en général la mémoire comme un phénomène *uniquement* psychologique. On a raison si par le mot mémoire on veut indiquer phénomène conscient. Mais il me paraît qu'il faut donner au mot mémoire un sens beaucoup plus large. Il devrait s'appliquer à tout souvenir, organique ou psychologique, conscient ou inconscient.

Je vais essayer de prouver que toutes les cellules vivantes sont, ainsi que les cellules nerveuses cérébrales, capables de souvenir — autrement dit de mémoire — ; car elles ont gardé une trace, plus ou moins durable, du choc qu'elles ont senti et de l'excitation qui les a frappées. Elles ont donc le souvenir du passé, c'est-à-dire la mémoire.

II. Il y a maintes années (1876), j'ai pu établir un fait, maintenant classique, que j'ai appelé *addition latente*, ou mémoire élémentaire.

Quand les cellules de la moelle (ou du cerveau) ont été excitées par une excitation électrique *isolée*, assez faible pour ne pas provoquer de réaction immédiate, il suffit de répéter à des intervalles de moins d'une seconde cette excitation (inefficace, si elle est seule) pour que les cellules finissent par

---

[1] Séance du 27 juin 1932.

répondre. Bien entendu, il faut prendre des excitations qui sont à la limite de la non-réponse immédiate.

Même avec le muscle, on obtient encore cette addition latente, comme en témoignent de très beaux tracés myographiques, caractéristiques.

Ainsi les cellules nerveuses et les cellules musculaires ont conservé le *souvenir* de l'excitation première. Peu importe que cette mémoire élémentaire ne dure qu'une ou deux secondes. Cette trace qui persiste, fût-ce pendant un temps assez court, c'est un souvenir, donc une mémoire.

III. Il est un autre phénomène de mémoire organique qui dure beaucoup plus longtemps. Il paraît au premier abord assez différent de l'addition latente; mais on doit admettre qu'il implique aussi une sorte de souvenir.

Il s'agit de l'anaphylaxie, ce phénomène assez singulier, aujourd'hui bien connu, et sur lequel il me paraît inutile d'insister.

Quand certains poisons ont été introduits dans un organisme, ils l'ont touché de telle sorte que, même au bout de plusieurs mois, voire de plusieurs années, l'organisme a été sensibilisé à ces poisons.

On peut comparer à l'anaphylaxie le phénomène inverse de la vaccination (phylaxie), jennérienne ou autre, qui rend un organisme, même pendant plusieurs années, réfractaire à la maladie vaccinante.

IV. Il m'a été donné de constater, même chez les cellules microbiennes les plus simples, un fait analogue de mémoire élémentaire. Par exemple, si l'on cultive un ferment lactique dans un milieu nutritif contenant de l'arseniate de potassium, puis si, 48 heures après, on fait pousser ce même ferment dans un milieu normal, alors on observe ce fait *très étrange*, que, même pendant une année après des ensemencements successifs, sur milieu normal, faits tous les deux jours, la cellule du ferment lactique a conservé le souvenir de son fugitif et ancien passage en milieu arsenical, car son accoutumance à l'arsenic est restée plus grande que celle du ferment qui n'a pas passé par un milieu arsenical. C'est un magnifique exemple de mémoire organique prolongée, après environ 50 000 (*sic*) générations successives.

V. Il n'est pas permis de dire qu'il n'y a pas quelque parité entre une réaction psychologique et une réaction physiologique (c'est-à-dire physico-chimique), car l'une et l'autre sont du même ordre. Il est en effet certain que les réactions psychologiques relèvent de phénomènes physico-chimiques, à savoir une modification quelconque, morphologique ou fonctionnelle, des cellules nerveuses. De sorte qu'en dernière analyse la mémoire, soit pour les tissus (mémoire inconsciente), soit pour les cellules qui président à l'intelligence (mémoire consciente), consiste toujours en ce fait fondamental,

essentiel, qu'une vibration qui a atteint une cellule ne s'éteint jamais complètement.

N'en est-il pas ainsi pour les phénomènes non biologiques? Les vibrations s'amortissent sans s'anéantir. *Les mers sont encore ébranlées par le sillage des vaisseaux de Cléopâtre.*

VI. De fait, chacune des innombrables et complexes vibrations qui nous frappent laisse sa trace, son souvenir. Elle semble disparaître mais elle persiste. Nous sommes, tant au point de vue psychologique qu'au point de vue physiologique (humoral), une *résultante*, la résultante d'un lointain comme d'un récent passé. Et alors la complication est prodigieuse.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Sur une méthode d'étude des sérums d'après leur action sensibilisatrice dans la floculation de l'hydrate ferrique.* Note de MM. **Charles Achard**, **Augustin Boutaric** et **Fernand Morizot**.

La plupart des colloïdes stables (gélatine, albumine, gomme arabique, ...), introduits en très petite quantité dans une solution colloïdale instable, peuvent en augmenter la fragilité vis-à-vis de certains électrolytes. On a proposé de caractériser les divers colloïdes stables par un indice de fer qui traduirait la réduction de stabilité produite par l'addition d'une certaine quantité du colloïde vis-à-vis de la floculation de l'hydrate ferrique par le chlorure de sodium.

Nous nous sommes demandé si l'on ne pourrait pas caractériser d'une manière analogue les sérums, suivre les transformations qu'ils sont susceptibles d'éprouver sous certaines influences notamment par la chaleur, et déceler les altérations qui résultent d'états pathologiques.

Comme agent floculant nous avons utilisé l'azotate de potassium et déterminé la durée de floculation en mesurant d'une manière précise, au spectrophotomètre, le temps que met le mélange à atteindre son opacité limite.

Le mode opératoire est le suivant :

1° A 10^{cm^3} du sol d'hydrate ferrique, on ajoute 10^{cm^3} d'eau distillée et 10^{cm^3} d'une solution de NO^3K dont la concentration a été choisie par tâtonnement de manière à produire la floculation au bout de 60 minutes;

2° A 10^{cm^3} du même sol d'hydrate ferrique on ajoute 10^{cm^3} d'une solution très diluée de sérum (obtenue en diluant 1^{cm^3} du sérum dans 100 litres d'eau), 10^{cm^3} de la même solution de NO^3K et l'on détermine la durée t de la floculation.

Cette durée t est dans tous les cas très nettement inférieure à 60 minutes [1]. Pour un sérum de cheval, de bœuf ou un sérum humain d'un sujet considéré comme normal, elle varie entre 21 et 22 minutes et peut être prise en moyenne égale à 21 min 30 sec.

Le chauffage du sérum diminue l'action sensibilisatrice exercée par celui-ci sur la floculation de l'hydrate ferrique, comme le montrent les nombres du tableau suivant, qui donne les durées de floculation de l'hydrate ferrique additionné d'un sérum de cheval non chauffé ou chauffé à diverses températures pendant des temps différents.

	Température de chauffage.		
Durée de chauffage.	55°.	60°.	62°.
Non chauffé	22	22	22
Chauffé 1 heure	28	38	40
Chauffé 2 heures	38	40	»
Chauffé 3 heures	40	40	»

On voit qu'un sérum chauffé 3 heures à 55° se comporte sensiblement comme un sérum chauffé 2 heures à 60° ou 1 heure à 62°. Il semble qu'il y ait continuité dans les transformations produites par une élévation de température à partir de 55°, toute élévation de température pour une même durée de chauffage, ou tout accroissement de la durée de chauffage pour la même température diminuant l'activité du sérum vis-à-vis du phénomène considéré.

Nous avons comparé l'action produite par divers sérums à celle qu'on obtient avec les protéines séparées d'un certain volume des mêmes sérums au moyen de la méthode à l'acétone de M. Maurice Piettre et mises ensuite en suspension dans l'eau de manière à obtenir un volume de suspension égal au volume de sérum d'où les protéines avaient été extraites. Nous avons ainsi constaté que les suspensions obtenues à partir des protéines séparées de leur sérum par la méthode à l'acétone exercent exactement, sur la floculation de l'hydrate ferrique, la même action accélératrice que les sérums eux-mêmes. Ce résultat constitue un nouvel argument s'ajoutant à d'autres que nous avons déjà signalés, en faveur de l'hypothèse que la

[1] L'hydrate ferrique utilisé ($0^g,6$ de Fe^2O^3 par litre) a été préparé par hydrolyse à chaud d'une solution de chlorure ferrique et dialysé 8 jours. De faibles variations dans la constitution de l'hydrate ferrique sont sans influence sur les résultats obtenus à condition d'utiliser toujours la quantité de NO^3K qui détermine la floculation en 60 minutes.

séparation des protéines par la méthode à l'acétone n'altère pas l'intégrité de celles-ci.

Nous avons étudié, du même point de vue, divers sérums thérapeutiques mis aimablement à notre disposition par le docteur Ramon. Ces sérums nous ont été fournis à l'état de sérums non chauffés et à l'état de sérums chauffés 1 heure au bain-marie à 55°-56°. Les nombres suivants donnent les durées t de floculation de l'hydrate ferrique obtenues comme précédemment, en présence de quelques sérums.

Nature des sérums.	Sérums non chauffés.	Sérums chauffés.
	min	min
Sérum antidiphtérique	25	30
» antigangréneux	27	30
» antivenimeux	27	31
» antitétanique	28	32
» antidysentérique	28	33
» antipneumococcique	32	36
» antistreptococcique	32	35

L'action accélératrice, exercée par les sérums thérapeutiques sur la floculation de l'hydrate ferrique, varie avec la nature des sérums, mais est toujours nettement inférieure à celle exercée par le sérum de cheval normal. Dans tous les cas, on retrouve que l'action du chauffage diminue le pouvoir accélérateur du sérum sur la floculation de l'hydrate ferrique.

Quelques essais préliminaires nous ont permis de constater que des sérums de sujets syphilitiques exerçaient sur la floculation de l'hydrate ferrique une action sensibilisatrice inférieure à celles que donnent les sérums de sujets normaux, tandis que les sérums de sujets cancéreux ne se différencient pas nettement des sérums de sujets normaux du point de vue envisagé. Nous poursuivons ces recherches.

FONCTIONS HARMONIQUES. — *Propriétés des fonctions harmoniques dans un domaine ouvert limité par des surfaces à courbure bornée.* Note (1) de **M. C. de la Vallée Poussin.**

1. Nous considérons un domaine spatial D d'un ordre de connexion quelconque. Sa frontière S peut être formée d'une ou plusieurs surfaces

(1) Séance du 27 juin 1932.

séparées, mais soumises à la condition essentielle d'être *à courbure bornée*. Le domaine D est d'un seul tenant.

L'unité de masse étant localisée en un point P de l'intérieur du domaine D, si l'on *balaye* le domaine, cette masse se répartit sur la frontière S suivant une couche dont la densité ρ au point Q de S est une fonction $\rho(Q, P)$ des deux points. Cette fonction est continue. On le prouve en imitant les démonstrations que j'ai données pour le cas du plan dans une Note récente [*Utilisation de la méthode du balayage dans la théorie de la représentation conforme* (*Bull. classe des Sc. de l'Acad. R. de Belgique*, 5e série, 18, avril 1932, p. 385-400). — Toute cette Note s'appuie sur notre Mémoire sur l'*Extension de la méthode du balayage de Poincaré* (*Ann. de l'Institut H. Poincaré*, 2, III, 1932, p. 169-232)]. On prouve par des raisonnements analogues que la densité $\rho(Q, P)$, peut se décomposer par la formule

$$\rho = \frac{1}{2\pi} \frac{\cos\theta}{r^2} + \xi,$$

où r est le rayon PQ, θ son inclinaison sur la normale extérieure au point Q, et ξ une quantité qui peut croître indéfiniment avec $1 : r$, mais est au plus de l'ordre de $1 : r$. On s'assure aisément que la densité ρ ne peut s'annuler sur les surfaces de la nature supposée.

En s'appuyant sur ces résultats, on établit les théorèmes suivants :

2. Si l'on se donne *a priori* une fonction d'ensemble superficiel F sur la surface S et que cette fonction soit additive et à variation bornée, l'intégrale de Stieltjes sur la surface S

$$\text{(1)} \qquad U(P) = \int\int_S \rho(Q, P)\, dF$$

définit une fonction harmonique du point P dans le domaine ouvert D.

La fonction F est générale. Elle peut être absolument continue ou non et même discontinue [1].

3. Si le point P tend vers un point Q_0 de la frontière S, soit en suivant la normale en ce point, soit sur une oblique non tangente, $U(P)$ tend vers la dérivée $F'(Q_0)$ de F en tout point Q_0 de la surface où cette dérivée est existante et finie (quelle qu'en soit la définition), donc *presque partout*.

---

[1] J'admets ici les définitions données dans mon Ouvrage : *Intégrales de Lebesgue, Fonctions d'ensemble, Classes de Baire* (Coll. Borel, 1916). Nous utilisons les théorèmes exposés dans la *deuxième partie*. Ces théorèmes s'appliquent aux ensembles plans, mais l'extension aux surfaces courbes est immédiate.

4. Si une fonction harmonique bornée $U(P)$ est *bornée* dans le domaine ouvert D, elle définit sur la frontière une fonction d'ensemble F additive et absolument continue ([1]). La fonction $U(P)$ s'exprime par la formule (1) au moyen de F.

Si P tend vers un point Q_0 de la frontière, $U(P)$ tend donc *presque partout* vers $F'(Q_0)$ qui peut s'appeler $U(Q_0)$.

Il suit de là que si l'on remplace S par une surface intérieure infiniment voisine S', on a, à la limite, la formule étant vraie pour S',

$$U(P) = \int\int_S \rho U \, dS. \tag{2}$$

Donc toute fonction harmonique bornée dans le domaine ouvert D s'exprime par une intégrale de Lebesgue sur la frontière S (celle qui résout le problème généralisé de Dirichlet).

5. Si une fonction harmonique $U(P)$ est *positive et non bornée* dans le domaine ouvert D, elle définit encore sur la frontière une fonction F d'ensemble, positive et additive, et elle s'exprime encore par la formule (1). Mais il existe un ensemble singulier E de mesure nulle sur lequel F ne s'annule pas, et cette fonction n'est plus absolument continue.

La fonction F d'ensemble superficiel est complètement définie par ses valeurs sur la famille des aires σ sur le contour desquelles F ne s'annule pas. La fonction U est donnée sur une aire σ' intérieure à D et infiniment voisine de σ, et elle détermine la fonction F par la formule (toujours convergente)

$$F(\sigma) = \lim \int\int_{\sigma'} U \, d\sigma'.$$

Nous dirons que la fonction F définie par cette formule est la *primitive* de la fonction U sur la frontière.

Réciproquement, si l'on donne *a priori* sur S une fonction F d'ensemble, positive et additive, elle détermine par la formule (1) une fonction harmonique positive dans D dont elle est la *primitive*. La correspondance entre les fonctions harmoniques positives dans D et les fonctions positives et additives d'ensemble sur la frontière S est donc biunivoque.

6. La fonction d'ensemble F la plus générale est la somme de trois fonctions : F_1 absolument continue, F_2 seulement continue et F_3 discon-

---

([1]) Cette définition peut se faire comme celle de la *primitive* dans l'article 5 suivant.

tinue. La fonction F_2, dite *singulière*, est nulle sauf sur un ensemble E de mesure nulle, et la fonction F_3, dite *des sauts*, est nulle sauf sur un ensemble dénombrable de points. D'après cela, la fonction U, harmonique et positive, la plus générale dans D ouvert, est la somme de trois autres, la première U_1 exprimable par une intégrale de Lebesgue de la forme (2), la seconde U_2 par une intégrale de Stieltjes de la forme (1) étendue à l'ensemble des singularités E de mesure nulle, la troisième par la série

$$\Sigma \alpha_k \rho (Q_k, P)$$

étendue aux points de discontinuité Q_k de F et aux sauts α_k correspondants.

Les démonstrations détaillées de ces théorèmes seront publiées dans une Revue spéciale.

CHIMIE. — *Contribution à l'étude des éthers de l'acide arsénieux.* Note de MM. **Paul Pascal** et **André Dupire**.

Le premier éther arsénieux a été préparé par Craft [1], dans l'action du silicate d'éthyle sur l'anhydride As^2O^3; Craft et Schiff [2], entre autres, ont ensuite obtenu les arsénites de méthyle, éthyle et propyle, à partir des iodures d'alcoyle et de l'arsénite d'argent ou du bromure d'arsenic et des alcoolates.

L'éthérification directe des alcools par l'anhydride, tentée avec la glycérine par Pagel, exige la mise en œuvre d'un déshydratant ou l'entraînement continu de l'eau résultante. Dans le premier ordre d'idées, V. Auger [3] utilise le carbure de calcium et isole les arsénites de propyle, butyle et isobutyle. Lang, Mac Key et Gartner [4] emploient le sulfate de cuivre anhydre et signalent la formation de 13 éthers, diversement colorés, mais n'en donnent que 6 densités et points d'ébullition, avec un seul indice de réfraction.

Dans le but de calculer les modules réfractométrique et magnétique de l'arsenic, nous avons rendu pratique l'éthérification directe de l'anhydride

(1) Craft, *Comptes rendus*, 64, 1867, p. 700.

(2) Craft et Schiff, *Bulletin de la Société chimique*, 14, 1870, p. 99.

(3) Auger, *Comptes rendus*, 134, 1902, p. 238, et 143, 1906, p. 907.

(4) Lang, Mac Key et Gartner, *Journal of Chemical Society*, 93, 1908, p. 1364.

arsénieux et, grâce à la possession de quantités massives d'alcools remarquablement purs, nous avons fréquemment atteint les rendements théoriques et un degré de pureté exceptionnel chez les éthers.

Le dispositif adopté consistait en un ballon de pyrex à tubulures multiples, laissant passer un agitateur à joint de mercure (200-300 tours-minute), un entonnoir de remplissage à robinet, un thermomètre, avec une tubulure destinée au départ et au retour des vapeurs. Le mélange d'alcool et d'anhydride porcelanique était additionné d'un liquide entraîneur convenable : benzène, toluène, xylène, ... et la condensation des vapeurs dans un organe de condensation permettait de suivre l'opération. L'hydrocarbure, conduit par un trop-plein, traversait une couche de sulfate cuivrique anhydre avant de revenir dans le ballon à réaction.

Avec les alcools isoamylique, benzylique, cinnamique, avec le glycol, la glycérine et le cyclohexanol, le départ d'eau est très rapide et le carbure en ramène peu au sulfate de cuivre. Dans le cas des alcools propylique et butylique primaire, avec les mono-éthers du glycol, les phénols, le méthyl-2-pentanol-4, la réaction est plus lente et une fraction appréciable de l'eau (environ 1/5), dissoute ou dispersée dans l'entraîneur, est entraînée sur le déshydratant. L'alcool butylique secondaire et la monochlorhydrine du glycol sont éthérifiés avec une extrême lenteur et toute l'eau reste dans le sulfate de cuivre. L'alcool éthylique est totalement réfractaire, l'alcool méthylique entraîne l'anhydride et rend le procédé inutilisable.

Menées chaque fois avec des charges d'alcool de l'ordre de 1^{kg} ou de $0^{kg},5$, les opérations ont permis des rectifications soignées, sauf dans le cas de l'éther cinnamique indistillable. Il faut naturellement opérer sous pression très réduite en évitant toute surchauffe et l'on obtient alors des liquides absolument incolores, dont certains cristallisent facilement (éthers du glycol, du cyclohexanol, des phénols) ou se concrètent en un verre polymérisé (éther de la glycérine).

Nous groupons sous forme de tableau les points d'ébullition, les densités, les indices pour la raie D et le pouvoir réfringent R_{As} (formule au n^2) calculé pour As, auquel s'ajoutent la susceptibilité moléculaire χ_m et le rôle magnétique calculé χ_{AsO^3} du radical AsO^3.

Éthers des alcools.	Éb.	d_t.	n_D.	R_{As}.	$10^6.\chi_m$.	$10^6.\chi_{AsO^3}$.
	° mm	°	°			
Propanol-1............	96/10	1,114/23	1,4391/20	7,77	154,1	37,4
Butanol-1.............	145/15	1,075/18	1,4446/20	7,59	189,5	38,4
Isobutanol............	125/15	1,058/22	1,4288/21	6,46	194,3	38,7
Butanol-2.............	109-15	1,165/22	1,4572/19	5,81	191,1	38,5
Isopentanol...........	159/12	1,029/22	1,4448/20	7,65	227,2	39,0
Méthyl-2-pentanol-4...	160/11	0,997/18	1,4431/21	10,27	250,6	26,8
Glycol ($F = 35°,4$).....	184/6	1,888/15	1,5318/21	7,05	137,3	33,0
Méthoxyéthanol........	160/10	1,277/19	1,4608/19	7,92	156,9	27,6
Éthoxyéthanol.........	195/10	1,204/20	1,4552/20	7,76	204,9	38,7
Butoxyéthanol.........	266/10	1,104/20	1,4541/20	7,36	275,2	39,1
Chloréthanol..........	170/8	1,568/20	1,5120/19	9,90	175,5	44,7
Cyclohexanol ($F = 43°$).	209/5	1,223/45	1,4950/45	7,34	–	–
Méthylcyclohexanol-1.4.	225/10	1,114/20	1,4896/20	8,24	278,3	38,1
Glycérine.............	110/2	1,998/20	1,5132/20	6,02	–	–
Phénylméthanol........	290/35	1,281/20	1,5800/21	6,61	243,6	46,1
Cinnamique............	–	1,243/19	1,6140/19	9,85	258,7	28,1

L'invariance du module réfractométrique de l'arsenic est moins générale que celle du module magnétique calculée pour le radical AsO^3. Ces deux caractéristiques physiques paraissent particulièrement sensibles aux causes usuelles d'exaltation ou de dépréciation : noyaux aromatiques, chaînes fermées carbonées ou hétérocycliques, liaisons multiples, substitutions halogénées. Enfin des résultats tout à fait inattendus sont offerts par les éthers des alcools tertiaires ou du méthoxyéthanol. Nous y reviendrons quand nous aurons achevé l'étude de la réaction de l'anhydride arsénieux sur les phénols, certains polyalcools ou les éthers-sels des hydroxyacides.

M. **Jean Perrin** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Paul Couderc, intitulé *L'Architecture de l'Univers*, dont il a écrit la *Préface*.

M. **Ch. Fabry** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Pierre Fleury, intitulé *Étalons photométriques*, dont il a écrit la *Préface*, et s'exprime en ces termes :

L'établissement d'un ensemble cohérent d'unités photométriques exige la définition d'une unité fondamentale, qui pourrait théoriquement être l'une quelconque des unités, mais qui, pour des raisons d'ordre pratique,

est toujours l'unité d'intensité lumineuse. La réalisation d'un étalon qui matérialise cette unité est un problème très difficile qui a donné lieu à de nombreuses recherches et qui est encore, en ce moment, l'objet d'importants travaux de laboratoire. M. Fleury donne un excellent exposé des diverses solutions adoptées ou proposées.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages M. **M. d'Ocagne** est élu membre de la Commission des bibliothèques de l'Institut en remplacement de M. *G. Bigourdan* décédé.

Par la majorité absolue des suffrages, sont réélus membres de la Commission technique de la *Caisse des Recherches scientifiques :* 1re Section : MM. **E. Quénu**, **E. Bouvier**, **P. Viala**, **L. Mangin** ; 2e Section : MM. **Émile Picard**, **A. Lacroix**, **H. Le Chatelier**, **M. Brillouin** ; 3e Section : M. **Émile Picard**.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la place de membre titulaire vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *G. Bigourdan*, pour la première ligne, M. *Ernest Esclangon* obtient 36 suffrages contre 1 à M. *Armand Lambert;* pour la seconde ligne, M. *Armand Lambert* réunit l'unanimité de 34 suffrages.

En conséquence la liste présentée à M. le Ministre de l'Éducation nationale comprendra :

En première ligne.......... M. **Ernest Esclangon**.
En seconde ligne........... M. **Armand Lambert**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Santé publique** invite l'Académie à désigner un de ses membres qui occupera, dans la *Commission permanente des Stations hydrominérales et climatiques*, la place vacante par l'expiration des pouvoirs de M. *A. d'Arsonval*, qui est rééligible.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° L. Driencourt et J. Laborde. *Traité des projections des cartes géographiques à l'usage des Cartographes et des Géodésiens : Théorie générale des projections ; Choix et mode d'emploi des projections pour la construction des cartes géographiques; Emploi des projections limitées aux termes du troisième ordre en Géodésie*, par L. Driencourt. *Théorie de la représentation conforme, Emploi des projections rigoureusement conformes en Géodésie*, par J. Laborde. (Présenté par M. R. Bourgeois.)

2° Richard Goldschmidt. *Le déterminisme du sexe et l'intersexualité*. (Présenté par M. M. Caullery.)

3° Paul Couderc. *Dans le champ solaire*. (Présenté par M. J. Perrin.)

4° G. Ichok. *Études sur la population française*. (Présenté par M. A. Calmette.)

5° Andrew N. Meldrum. *Lavoisier's three notes on combustion : 1772*.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines familles de surfaces.* Note (¹) de M. **P. Vincensini**.

Nous avons montré (²) que la recherche des congruences rectilignes admettant même surface moyenne et même enveloppée moyenne, se ramène à l'intégration d'une équation aux dérivées partielles du premier ordre, dont la forme dépend surtout de la surface moyenne.

(¹) Séance du 27 juin 1932.

(²) P. Vincensini. *Sur les congruences rectilignes à enveloppée moyenne donnée*, § 2 (*Annales de la Fac. des Sc. de Toulouse*, 3e série, 21, 1929, p. 1).

Si la surface moyenne est plane, l'équation est linéaire et s'intègre par une quadrature.

On sait d'autre part comment, en établissant une correspondance par éléments linéaires orthogonaux entre une surface quelconque (S) et le plan xOy, on peut déduire de (S) une congruence à surface moyenne plane.

Nous nous proposons de déterminer ici toutes les équations aux dérivées partielles du premier ordre (E), jouissant de cette propriété que les congruences à surface moyenne plane associées aux surfaces intégrales d'une même équation admettent la même enveloppée moyenne.

Cette enveloppée moyenne se trouvera toujours définie tangentiellement dès que (E) sera choisie. On en déduira par une quadrature les congruences associées qui dépendront d'une fonction arbitraire (*Mémoire cité*). Une deuxième quadrature fera connaître les surfaces (S) solutions de l'équation (E), qui se trouvera ainsi intégrée géométriquement.

Prenons (E) sous la forme $E(x, y, z, p, q) = 0$. Soit $S(x, y, z)$ une solution de E. La congruence associée à (S) a pour équations

$$\frac{\xi + y}{p} = \frac{\eta - x}{q} = \frac{\zeta}{-1}.$$

Les plans moyens relatifs aux rayons de même direction (p, q) des congruences associées aux différentes surfaces (S) ont pour équations

(1) $$pX + qY - Z = qx - py.$$

Pour que les congruences associées aux surfaces (S) aient la même enveloppée moyenne, il faut et il suffit que le plan (1) ne dépende que de p et de q. Les différentes familles de surfaces (S) sont donc définies par les équations de la forme

(2) $$E \equiv qx - py - \mathcal{F}(p, q) = 0.$$

La distance à l'origine, du plan moyen relatif au rayon (p, q) des congruences associées aux surfaces (S) solutions d'une même équation (E), est

$$d = \frac{\mathcal{F}(p, q)}{\sqrt{1 + p^2 + q^2}}.$$

La connaissance de d entraîne, comme nous l'avons montré dans le Mémoire cité, les équations des congruences correspondantes qui sont de la forme

$$\xi = \xi(p, q, \theta), \qquad \eta = \eta(p, q, \theta);$$

ξ et η étant les coordonnées, dans le plan xOy, du point central du rayon de paramètres directeurs p, q, -1; coordonnées qui dépendent d'une même fonction arbitraire θ de p et de q.

La surface (S), génératrice de la congruence ci-dessus, est définie par

$$(3) \qquad \left\{ \begin{aligned} x &= \eta = \eta(p, q, \theta), \\ y &= -\xi = -\xi(p, q, \theta), \\ z &= \int (p\, d\eta - q\, d\xi). \end{aligned} \right.$$

Les équations (3) définissent les surfaces intégrales de l'équation $E = 0$.

Nous avons rencontré des équations de la forme (2), dans un certain nombre de problèmes, que nous nous proposons d'étudier dans un Mémoire où nous montrerons l'intérêt qu'il peut y avoir, au point de vue géométrique, à associer les équations (E) et les congruences à surface moyenne plane.

GÉOMÉTRIE SUPÉRIEURE. — *La déformation de l'espace dans la théorie de la relativité.* Note de M. **Georges Darmois**, présenté par M. Élie Cartan.

Nous compléterons ici une Note précédente, par l'indication de résultats relatifs à une déformation non homothétique de l'espace. Nous donnons en même temps quelques références bibliographiques qui n'avaient pu trouver place dans cette première Note [1].

Il est naturel de ne pas se borner à une déformation aussi spéciale que la déformation homothétique [2]. En particulier, on peut rechercher une déformation qui, en un point de l'espace, possède une direction privilégiée.

---

[1] A. Friedman, *Zeits. für Phys.*, **10**, 1922, p. 377; G. Lemaitre, *Annales Soc. Scientif. Bruxelles*, **47**, A, 1927, p. 49, traduction dans *Monthly Notices*, **91**, 1931, p. 48; W. de Sitter, *Proced. Nat. Ac. of Sci. Washington*, **16**, 1930, p. 474; *Bull. astron. Netherlands Haarlem*, **5**, 1930, n^{os} **185**, **193**, **200**; H. D. Robertson, *Proceed. Nat. Ac. of Sci.*, **15**, 1929, p. 822; R. C. Tolman, *Proceed. Nat. Ac. of Sci.*, **15**, 1929, et **16**, 1930 (plusieurs Notes); W. H. Mac Crea et G. C. Mac Vittie, *Monthly Notices*, **91**, 1930, p. 128, et **92**, 1931, p. 7; A. S. Eddington, *Monthly Notices*, **90**, 1930, p. 668, et **92**, 1931, p. 3; G. Juvet, *Commentarii mathem. Helvetici*, **3**, 1931, p. 154; A. Einstein, *Sitzungsberichte Berlin*, **12**, 1931, p. 235.

[2] La déformation homothétique pour un espace de révolution a été étudiée par G. Juvet (*loc. cit.*).

Nous donnerons un système de formules assez simples, relatives à la forme quadratique

$$dS^2 = dx_4^2 - e^{2m}\,dx_1^2 - e^{2n}[\,dx_2^2 + \sin^2 x_2\,dx_3^2\,],$$

m et n sont des fonctions de x_1 et de x_4. On désignera par exemple par n_{14} la dérivée partielle $\partial^2 n/\partial x_1\,\partial x_4$.

Dans ces conditions, on aura

$$\varkappa T_1^1 = 2n_{44} + 3n_4^2 - \lambda - \frac{\gamma}{2} - \gamma_{11}e^{-2m},$$

$$\varkappa T_2^2 = \varkappa T_3^3 = m_{44} + n_{44} + m_4^2 + m_4 n_4 + n_4^2 - \lambda - \frac{\gamma}{2} - \gamma_{22}e^{-2n},$$

$$\varkappa T_4^4 = n_1^2 + 2m_1 n_1 - \lambda - \frac{\gamma}{2},$$

$$\varkappa T_{14} = -2n_{14} + 2n_1(m_4 - n_4),$$

$$\gamma_{11} = -2(n_{11} + n_1^2 - m_1 n_1),$$

$$\gamma_{22} = -e^{2(n-m)}[\,n_{11} + 2n_1^2 - m_1 n_1\,] + 1,$$

$$\gamma = 2e^{2m}[\,2n_{11} + 3n_1^2 - 2m_1 n_1\,] - 2e^{-2n}.$$

Les deux coefficients de déformation sont m_4 et n_4, et l'on obtient la déformation homothétique en les faisant égaux. On pourrait donc étudier par ces formules des déformations voisines de la déformation homothétique.

On peut signaler comme conséquence particulière de ces formules que l'espace ainsi obtenu sera euclidien à chaque instant si m et n satisfont à la relation

$$m = n + \operatorname{Log} n_1.$$

La composante T_{14} est alors nulle. Si l'on veut que l'espace soit euclidien à chaque instant et que la déformation soit homothétique on trouve la solution considérée tout récemment par Einstein et de Sitter [1], où l'on a

$$dS^2 = dx_4^2 - R^2[\,dx_1^2 + x_1^2(dx_2^2 + \sin^2 x_2\,dx_3^2)]$$

et qui rend compte avec les hypothèses les plus simples des résultats actuels de l'observation.

---

[1] A. Einstein et W. de Sitter, *Proceed. Nat. Ac. of Sci.*, 18, 1932, p. 213. Voir aussi O. Heckmann, *Gött. Nachr. Mathem. Phys. Klasse*, Heft 2, 1931, p. 126.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles, au sens de M. Picard et de M. Nevanlinna, des fonctions méromorphes.* Note [1] de M. **Georges Calugaréano.**

Nous allons indiquer une opération simple permettant de former des fonctions méromorphes à valeurs exceptionnelles au sens de M. Nevanlinna en partant de fonctions méromorphes ayant autant de valeurs exceptionnelles au sens de M. Picard.

Soit $f(z)$ une fonction méromorphe pour laquelle α est valeur exceptionnelle au sens précédent. Formons la fonction méromorphe $F(z) = R_q[f(z)]$, où l'on désigne par $R_q(u)$ une fonction rationnelle quelconque de degré q en u. Nous montrerons que $\alpha' = R_q(\alpha)$ *est une valeur exceptionnelle pour* $F(z)$, *au sens de M. Nevanlinna, le défaut étant en général* k/q, $k =$ entier $\leqq q$. *D'une manière générale, si* α *est valeur exceptionnelle de défaut* δ *pour* $f(z)$, α *est une valeur exceptionnelle de défaut* $k\delta/q$ *pour* $F(z)$. On peut choisir la fraction rationnelle R_q de manière que l'entier k prenne telle valeur que l'on veut, avec $0 < k \leqq q$. Il en résulte qu'il existe des fonctions méromorphes à valeur exceptionnelle dont le défaut est égal à un nombre rationnel quelconque < 1.

On commence, pour le démontrer, par établir une relation entre les fonctions caractéristiques des fonctions $f(z)$ et $F(z)$. Cette relation a été donnée par M. Valiron [2]; pour une fonction $R_q[z, f(z)]$, rationnelle de degré q par rapport à z et à $f(z)$, on a

$$(1) \qquad T[r, R_q(z, f)] = q\,T[r, f] + O(\log r).$$

On trouve, dans le cas qui nous intéresse ici (R_q ne dépend que de f), par le même raisonnement,

$$(2) \qquad T(r, F) = q\,T(r, f) + O(1).$$

Considérons maintenant l'équation $R_q(u) - x = 0$, que nous écrirons

$$(3) \qquad [u - u_1(x)][u - u_2(x)]\ldots[u - u_q(x)] = 0.$$

L'équation $F(z) - x = 0$ ou $R_q[f(z)] - x = 0$ s'écrit donc

$$[f(z) - u_1(x)][f(z) - u_2(x)]\ldots[f(z) - u_q(x)] = 0.$$

---

(1) Séance du 6 juin 1932.

(2) Voir G. Valiron, *Sur les fonctions algébroïdes* (*Bull. de la Soc. math. de France*, 49, 1931, p. 34).

On aura

$$n\left(r, \frac{1}{F-x}\right) = n\left(r, \frac{1}{f-u_1}\right) + n\left(r, \frac{1}{f-u_2}\right) + \ldots + n\left(r, \frac{1}{f-u_q}\right),$$

et, en intégrant,

$$N\left(r, \frac{1}{F-x}\right) = \sum_{\nu=1}^{q} N\left[r, \frac{1}{f-u_\nu(x)}\right].$$

Enfin

$$\frac{N\left(r, \frac{1}{F-x}\right)}{T(r, F)} = \frac{1}{q} \sum_{\nu=1}^{q} \frac{N\left[r, \frac{1}{f-u_\nu(x)}\right]}{T(r, f) + O(1)}, \tag{4}$$

formule qui nous permet de conclure.

On peut choisir la fraction rationnelle $R_q(u)$ de telle manière que l'équation (3) admette k racines égales à α pour $x = \alpha' = R_q(\alpha)$. La somme du second membre de (4) contient alors k termes qui $\to 0$ et les autres $\to 1$ pour $r \to \infty$. Ainsi, $\delta(\alpha') = k/q$. On voit d'une manière analogue que, α étant une valeur exceptionnelle de défaut $\delta < 1$, la même formule nous fournit un défaut $\delta' = k\delta/q$ pour $F(z)$.

Voici une autre remarque intéressante : α étant une valeur exceptionnelle au sens de M. Picard, on sait qu'elle est en même temps valeur asymptotique pour $f(z)$. Il en résulte immédiatement que $\alpha' = R_q(\alpha)$ est valeur asymptotique pour $F(z)$ et il suffit, pour le voir, de suivre les valeurs de $F(z)$ le long du chemin de détermination α de $f(z)$. On forme donc ainsi des fonctions à valeur exceptionnelle de défaut aussi petit que l'on veut et qui sont en même temps des valeurs asymptotiques.

M. Rolf Nevanlinna [1] a donné un procédé qui permet de construire des fonctions méromorphes $f(z)$ admettant m valeurs quelconques $a_1, a_2, \ldots, a_m$ comme valeurs exceptionnelles de défauts égaux à $2/m$. Considérons les fonctions $F(z) = R_q[f(z)]$. Ces fonctions ont les valeurs exceptionnelles $a'_\nu = R_q(a_\nu)$, au nombre de m, de défauts $2k_1/mq$, $2k_2/mq$, $\ldots$, $2k_m/mq$, les entiers k_ν, dont la somme ne dépasse pas q, pouvant d'ailleurs être choisis arbitrairement. On peut donc former des fonctions méromorphes admettant les valeurs exceptionnelles a'_1, a'_2, $\ldots$, a'_m choisies arbitrairement, de défauts rationnels quelconques mais $\leqq 2/m$.

---

[1] Voir R. Nevanlinna, *Acta mathematica*, 55, 1930, p. 259.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le problème du solide mobile autour d'un point fixe*. Note de M. **D. Wolkowitsch**, présentée par M. d'Ocagne.

I. Soient pour un solide donné S :

M, sa masse ;
O, son centre de gravité ;
E, son ellipsoïde central d'inertie (de Culmann) ;
E′, l'ellipsoïde conjugué ;
O_1, un point fixe quelconque.

Considérons le système comprenant :

1° Une masse ponctuelle M_2, concentrée en un point O_2 de la droite OO_1 ; posons $M_2 = kM$, k étant un nombre < 1, choisi arbitrairement.

2° Un solide S_1, de masse $M_1 = (1-k)M$ et tel que le nouveau système soit dynamiquement équivalent au solide donné S.

Nous satisferons à cette condition en déterminant O_2 par la condition $k.\overline{OO_2} + (1-k)\overline{OO_1} = 0$ et en prenant pour ellipsoïde central d'inertie E_1, du solide S_1, une quadrique de centre O_1 et telle que sa quadrique conjuguée appartienne au faisceau tangentiel défini par la quadrique E′ et la sphère de rayon nul O_2

II. Prise isolément, la masse M_2 se comporterait comme un pendule sphérique fixé au point O_1 ; de son côté, le solide S_1, s'il était seul, exécuterait un mouvement à la Poinsot.

On peut se demander s'il n'est pas possible que, pour certaines conditions initiales, le mouvement de la masse M_2 soit le même que si elle était invariablement liée au solide S_1 exécutant son mouvement propre ; nous pourrons dire alors que le mouvement du solide S, primitivement donné, sera le même que celui de S_1.

Un cas simple se présente immédiatement à l'esprit :

Plaçons *verticalement* un axe de l'ellipsoïde E_1 et lançons le solide S_1 autour de cet axe ; nous savons que le mouvement de S_1 persistera autour de cet axe.

Si, de plus, la vitesse de rotation ω est celle qui correspond à la description d'un parallèle horizontal par la masse M_2, nous pourrons dire que le solide S, lancé autour du même axe, à la même vitesse ω, continuera à tourner autour de cet axe ; l représentant la longueur O_1O_2 et θ, l'angle

de O_1 O_2 avec l'axe de rotation, on a

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos\theta}}.$$

Les trois axes de E_1 jouissent de la même propriété, et si l'on désigne par ω_1, ω_2, ω_3 les trois vitesses correspondantes, on a la relation

$$\frac{1}{\omega_1^4} + \frac{1}{\omega_2^4} + \frac{1}{\omega_3^4} = \frac{l^2}{g^2}.$$

III. Appelons Γ la cubique aux pieds des normales issues du point O_2 à l'ellipsoïde E; π le plan antipolaire du point O_1 dans l'ellipsoïde E.

a. Les axes de l'ellipsoïde E_1 sont parallèles aux droites qui joignent O_2 aux intersections de la cubique Γ avec le plan π.

b. Quand varie le nombre k, le point O_2 décrit la droite OO_1, tandis que la cubique Γ demeure sur un cône fixe du second degré dont le sommet est le centre de gravité, et la trace sur le plan π, une certaine conique C.

c. Si, le point O_1 restant fixe, le nombre k varie, les axes de la quadrique E_1 décrivent un cône du second degré D ainsi défini :

L'enveloppe des plans principaux de l'ellipsoïde E_1 est le cône transformé par antipolaire réciproque de la conique C par rapport à l'ellipsoïde central E; le cône D est le cône supplémentaire de ce cône enveloppe; il est confondu avec le cône des normales menées par le point O_1 à l'ellipsoïde E, car il a cinq génératrices communes avec lui.

d. Quand le point O_1 varie dans l'espace, les axes de la quadrique E_1 appartiennent au complexe des normales aux quadriques homofocales de la quadrique centrale E.

IV. Ainsi le cône du complexe relatif à un point donné O_1 comprend les axes de rotation, stable en général, du solide donné primitif, pourvu que ces axes soient *verticaux* et la vitesse angulaire déterminée comme il est dit au paragraphe II.

Parmi ces axes, la droite OO_1 qui joint le centre de gravité au point fixe est un axe pour lequel la rotation est indéterminée; elle peut avoir une valeur absolument quelconque, puisque le solide se trouve en équilibre statique.

Au contraire, pour les deux génératrices du plan normal à OO_1, rectangulaires elles-mêmes, la vitesse de rotation devrait être infinie puisque $\cos\theta = 0$, autrement dit quelle que soit cette vitesse il sera impossible que la rotation se maintienne autour d'un pareil axe.

CHRONOMÉTRIE. — *Synchronisation des balanciers circulaires des chronomètres.* Note de MM. **Salmon-Legagneur** et **Bertrand-Lepaute**, présentée par M. Ch. Fabry.

Le problème de l'unification de l'heure préoccupe chaque jour davantage les Services publics.

Depuis les travaux de Cornu, de nombreuses solutions ont été proposées qui présentent, chacune, des avantages; mais, que ce soit la distribution de l'heure par horloge mère et horloges réceptrices, véritables compteurs horaires à impulsions successives, ou par horloges indépendantes à remise à l'heure automatique, ou encore par synchronisation des balanciers pendulaires, suivant la méthode préconisée par Foucault dès 1847, toutes ces solutions nécessitent un circuit électrique spécial.

Mais, depuis que Thury, en 1899, utilisa comme horloge des petits moteurs synchrones, branchés sur une distribution d'énergie à fréquence moyenne constante, ce système s'est développé très rapidement, car il présente le grand avantage d'utiliser, pour la distribution de l'heure, les seules canalisations des secteurs de distribution d'énergie électrique, dont la fréquence est maintenue en d'étroites limites, comme c'est le cas actuel, pour les secteurs de la région parisienne où la fréquence moyenne est conservée avec une précision telle qu'une horloge synchrone ne s'écarte jamais de plus de 10 secondes de l'heure de l'Observatoire.

L'emploi des horloges à moteurs synchrones devrait donc normalement se généraliser rapidement.

Toutefois, un des défauts de ce système provient de l'arrêt de tous les appareils en cas d'interruption de courant, et de la complication de la remise à l'heure automatique d'un point central.

On a proposé de doubler la commande électrique d'une commande par ressort ou l'équivalent, mais la complexité des mouvements rend leur généralisation difficile.

La présente Communication a pour objet la synchronisation des échappements à balancier circulaire des chronomètres par courant alternatif de fréquence industrielle.

Dans son Memoire sur la synchronisation électromagnétique, A. Cornu n'insiste pas sur le cas particulier où la fréquence imposée est un multiple supérieur de la fréquence du mouvement à synchroniser, cas présentant, en électrochronométrie, un intérêt particulier.

Dans le dispositif que nous avons réalisé, on s'affranchit de la nécessité

d'un double mouvement; c'est le même rouage qui est utilisé dans les deux cas.

Nous avons adapté sur le balancier circulaire d'un chronomètre, qui comporte de plus le remontage électrique du ressort (énergie de réserve), un très léger barreau d'acier aimanté, qui, pour la position neutre du balancier, se trouve en face d'un électro-aimant alimenté par le courant alternatif du réseau de distribution. Le barreau subit ainsi une attraction ou une répulsion suivant le sens du courant dans l'enroulement de l'électro-aimant.

Pratiquement, le balancier utilisé a une fréquence 2,5; le barreau est en fer doux polarisé par un aimant extérieur et ne pertube pas sensiblement la période propre du balancier. L'action synchronisante est produite par une dérivation du flux magnétique du moteur de remontage alimenté par le courant du réseau.

Si l'on préfère s'affranchir de tout aimant permanent, il est possible d'obtenir la polarisation au moyen d'un électro-aimant alimenté par le courant du réseau redressé convenablement par un redresseur à oxyde de cuivre par exemple.

La vérification du synchronisme peut être réalisée en comparant les trotteuses d'une part d'un mouvement à échappement synchronisé, et d'autre part d'une petite horloge à moteur synchronisé, toutes deux branchées sur le même réseau.

Une vérification rapide de la synchronisation peut également être réalisée par la méthode stroboscopique avec tube à néon, contrôlé par la fréquence du réseau. Cette méthode présente l'avantage d'un contrôle rapide d'une série de chronomètres dans des conditions particulièrement commodes.

L'application de la méthode décrite permettrait, en plaçant dans chaque centrale électrique une horloge astronomique reliée à un Observatoire, ou à remise à l'heure par les signaux horaires internationaux émis par le poste radiotélégraphique de la Tour Eiffel, d'obtenir la synchronisation rigoureuse des divers rouages d'horlogerie d'une même ville, ou de toute une région, sans faire intervenir aucun organe mécanique ni aucun dispositif muni de contacts électriques. Il devient ainsi possible d'obtenir, avec les mouvements d'horlogerie les plus ordinaires, une précision équivalente à celle des horloges astronomiques. Un certain nombre de secteurs, et en particulier ceux de la région parisienne, étant déjà contrôlés de cette façon, ainsi que nous l'avons dit plus haut, le dispositif décrit ci-dessus serait applicable dès maintenant.

AÉRODYNAMIQUE. — *De l'utilisation d'hélices ventilateurs à pales orientables pour le réglage de la vitesse du vent dans une soufflerie système Eiffel.* Note [1] de M. **Jacques Valensi**, présentée par M. Léon Guillet.

On emploie habituellement pour faire varier la vitesse du vent dans une soufflerie Eiffel [2] une hélice ventilateur à pales fixes actionnée par un moteur à vitesse variable. Nous avons étudié la méthode qui consisterait à faire varier cette vitesse en modifiant l'orientation des pales du ventilateur tout en laissant fixe la vitesse du moteur : on peut alors remplacer le moteur à vitesse variable (généralement moteur à courant continu alimenté en tension variable à l'aide d'un groupe convertisseur) par un moteur asynchrone convenablement compensé, d'où économie très appréciable sur les frais d'établissement et gain sur le rendement.

Nos essais [3] ont été exécutés dans une petite soufflerie de section circulaire ($D = 32^{cm}$ dans la section d'utilisation), qui possède toutes les caractéristiques des souffleries Eiffel. Toutefois, pour des raisons d'économie et d'encombrement, on s'est contenté de réaliser une section de sortie du diffuseur égale à 2,7 fois la section d'entrée et non à 4 fois comme dans les souffleries Eiffel.

Il en résulte une diminution du rendement de buse et, à égalité de vitesse V dans la section d'utilisation, un accroissement du V'/nD du ventilateur, ainsi qu'on peut le vérifier aisément par le calcul. L'hélice de cette soufflerie a $0^m,49$ de diamètre, son moyeu peut recevoir six pales. Les pales utilisées étaient de trois types identiques, sauf sous le rapport du pas réduit qui, constant pour chacun des trois types, prenait les valeurs : 0,8 (1er type), 1 (2e type), 1,5 (3e type). L'hélice était mue par un moteur à courant continu alimenté en tension variable, ce qui nous a permis d'étudier l'influence de l'orientation des pales à différentes vitesses de rotation et de faire une comparaison entre les deux méthodes de variation de vitesse du vent.

---

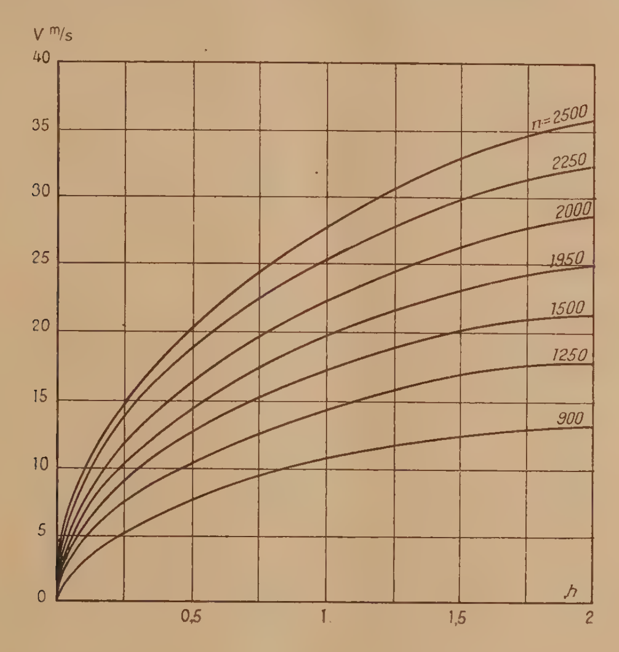
(1) Séance du 13 juin 1932.

(2) Voir la description de ces souffleries dans les ouvrages de M. Eiffel (Chiron, éditeur, Paris).

(3) Nous devons beaucoup aux méthodes mises au point par M. Lapresle, dans ses essais sur les souffleries effectués au Laboratoire d'Auteuil (Rapport 32 du S. T. Aé.).

Quelques résultats en ce qui concerne les vitesses sont représentés dans la figure; celle-ci montre, pour l'hélice munie des pales du deuxième type, la variation de V en fonction de h, pas réduit aux trois quarts du rayon de l'hélice à diverses vitesses de rotation.

Nous avons d'autre part étudié pour les trois types de pales les variations du coefficient de puissance dépensée et du rendement en fonction de h, dont



la valeur, comme on le sait, détermine le V'/nD de l'hélice-ventilateur. Les courbes représentatives sont pour les trois types de pales presque confondues.

Les courbes de coefficient de puissance dépensée ont une allure linéaire pour $0,35 < h < 2,1$, les pales du deuxième type donnent la courbe de plus grande pente. En ce qui concerne les rendements, on constate que le rendement de buse est pour une même hélice très peu influencé par la modification d'orientation des pales, que le rendement de l'hélice ventilateur reste approximativement constant et voisin de sa valeur maximum ([1]),

---

([1]) Pour les trois types de pales, le rendement semble atteindre sa valeur maximum quand $h = 1,2$; on a alors $V'/nD = 0,57$. Cette valeur maximum est 0,50 pour les pales des premier et deuxième types, 0,48 pour les pales du troisième type.

quand modifiant l'orientation des pales h varie de 0,8 à 2,1, et c'est une circonstance très favorable à l'emploi de la méthode car simultanément la puissance développée dans la section d'utilisation passe du simple au triple, pour $n = 2500$ t/m.

Donc il apparaît que, par l'emploi de notre méthode, il faut, en marche normale, pour actionner le ventilateur une dépense d'énergie inférieure de 20 pour 100 [1] à celle exigée par la méthode habituelle.

Ces divers résultats nous ont conduit à entreprendre l'application de ce système dans une soufflerie de plus grand diamètre ($0^m,65$) que nous venons d'installer et où nous poursuivrons ces essais [2].

En conclusion, l'emploi de cette méthode est particulièrement indiqué pour les petites et moyennes souffleries. On l'étendra à de grandes installations en commandant mécaniquement l'orientation des pales.

STATISTIQUE STELLAIRE. — *Sur les vitesses résiduelles des étoiles et le problème de la température de la Voie lactée*. Note [3] de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Émile Borel.

1. Nous nous sommes proposé d'étudier la distribution des vitesses stellaires résiduelles, c'est-à-dire des vitesses des étoiles après soustraction de leur vitesse d'ensemble par rapport au Soleil.

Nous avons utilisé dans ce but toutes les vitesses radiales publiées à ce jour (5500); le calcul des vitesses résiduelles, leur classification et le calcul des moyennes ont été faits par Mlle Delaveau.

2. Pour obtenir les éléments des ellipsoïdes de vitesses on développe en série de fonctions sphériques la moyenne θ des valeurs absolues des vitesses

---

(1) Cet avantage subsiste quand, par un décalage convenable, on fait passer pour $n = 2500$ t/m la vitesse V de 37 m/s à 25 m/s. Pour V compris entre 25 m/s et 15 m/s les deux méthodes sont à peu près équivalentes. Pour $V < 15$ m/s, en raison du faible rendement de l'hélice aux grands décalages négatifs, la deuxième méthode conduit à un rendement supérieur, mais alors la puissance absorbée par l'hélice ventilateur est de l'ordre du dixième de celle absorbée en marche normale.

(2) L'hélice a pour diamètre $1^m,30$ et possède 4 pales à pas constant 1. Le décalage variant de 0° à — 30°, V varie de 39 m/s à 0 pour $n = 1000$ t/m en moyenne.

(3) Séance du 27 juin 1932.

radiales résiduelles ρ'. On évalue les vitesses ρ' en adoptant pour vitesse d'ensemble ρ'' des étoiles celle qui résulte de la translation du Soleil. Nous avons calculé les corrections qu'il faut apporter aux coefficients de ce développement pour tenir compte des termes de ρ'' provenant de la rotation galactique, qu'on n'avait pas introduit dans le calcul des ρ'.

3. Voici les éléments des ellipsoïdes de vitesses obtenus par cette méthode :

Étoiles.	Distance en parsecs.	Grand axe.			Axe moyen.			Petit axe.		
		l.	*b.*	*a.*	*l.*	*b.*	*a.*	*l.*	*b.*	*a.*
		°	°	km/sec	°	°	km/sec	°	°	km/sec
A........	0 à 100	356,6	− 3,8	19,5	86,7	− 1,3	13,5	11,6	86,0	9,6
*g*GKM...	0 à 100	351,2	+ 3,1	24,9	80,7	− 5,6	15,3	113,2	83,3	19,7
*g*GKM...	100 à 400	325,1	+ 6,2	24,5	60,2	−39,4	16,2	47,7	49,9	19,2
B........	0 à 100	292,9	−23,4	14,2	36,6	−28,9	12,0	347,8	57,3	4,4
B........	100 à 500	298,6	−14,0	17,4	35,3	−25,3	12,6	2,3	60,6	7,2
F........	0 à 100	339,1	+ 9,0	26,9	70,0	+ 4,9	15,5	172,9	80,8	13,5
*d*GKM..	0 à 60	339,6	+ 5,1	36,2	67,7	−15,7	28,6	86,6	73,5	18,3

La direction du vertex se trouve peu changée par l'introduction des termes dus à la rotation galactique (4° au plus pour les étoiles B); on voit que pour les étoiles proches du Soleil la longitude du vertex reste élevée (345°) alors que pour les géantes éloignées elle est égale à la longitude du centre galactique (325°). Le calcul révèle enfin que les étoiles à hélium présentent un léger allongement de la figure des vitesses et que la longitude du vertex correspondant est voisine de 295°.

4. Nous avons ensuite utilisé les développements de θ pour chercher si la Voie lactée est en équilibre isotherme comme on l'a admis jusqu'à présent dans les recherches de dynamique stellaire. La température d'un gaz est proportionnelle à l'énergie cinétique moyenne d'une molécule, la température de la Voie lactée est donc proportionnelle à θ^2; si cette température varie systématiquement d'un point à un autre de l'espace, le développement sphérique de θ contient des termes linéaires par rapport aux cosinus directeurs α, β, γ :

$$\theta = K + a'_1 \alpha + a'_2 \beta + a'_3 \gamma + \ldots$$

et le vecteur $\vec{g}(a'_1\, 1/r,\ a'_2\, 1/r,\ a'_3\, 1/r)$ est proportionnel au gradient de température; voici les résultats numériques obtenus :

Étoiles.	r en parsec.	a'_1.	a'_2.	a'_3.	Long.	Lat.	Grandeur de $\vec{g}$ (km/sec^{-1} parsec^{-1}).
A...........	65	$-0,9$	$+1,2$	$-0,2$	127°	$-5°$	0,023 $\mp 0,017$
g (GKM)....	65	$-1,6$	$+0,5$	$-0,8$	162	-50	0,016 $\mp 0,022$
g (GKM)....	250	$-1,2$	$+0,7$	$+0,2$	150	$+8$	0,007 $\mp 0,005$
B...........	65	$-1,1$	0,0	$+0,6$	180	$+29$	0,019 $\mp 0,014$
B...........	300	$-1,1$	$+1,9$	$+1,4$	120	$+32$	0,009 $\mp 0,003$
F...........	65	$+0,6$	$+0,2$	$+2,5$	18	$+75$	0,036 $\mp 0,020$
d (GKM)....	40	$+0,2$	$+0,6$	$+0,6$	72	$+44$	0,022 $\mp 0,058$
Moyenne pondérée......	–	–	–	–	130	$+25$	0,0085 $\mp 0,0014$

On voit que, pour aucun des groupes d'étoiles, la grandeur du vecteur $\vec{g}$ ne dépasse notablement son erreur quadratique moyenne; aussi convient-il d'être prudent dans les conclusions à tirer de ce tableau.

On remarque cependant que, pour les géantes et les étoiles B les plus éloignées, par conséquent pour les groupes qui donnent la meilleure détermination de $\vec{g}$, la longitude de ce vecteur est voisine de 145° (constellation du Cocher) et a par conséquent une direction opposée à celle du centre de la Voie lactée.

En résumé, les résultats précédents sont susceptibles de trois interprétations.

a. Les valeurs trouvées pour a'_1, a'_2, a'_3 sont dues aux erreurs inhérentes à tout calcul statistique basé sur des données expérimentales et la Voie lactée peut être considérée comme en équilibre isotherme.

b. La température de la Voie lactée assimilée à un gaz augmente lorsqu'on s'éloigne du centre, l'augmentation de vitesse moyenne des étoiles étant de 8,5 km/sec pour 1000 parsecs de déplacement.

c. L'allongement des ellipsoïdes des vitesses stellaires augmente lorsqu'on s'éloigne du centre, le petit axe restant constant.

L'étude des vitesses spatiales des étoiles permettrait de choisir entre ces trois interprétations.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Remarques sur l'équation intégrale de Bloch (théorie électronique des métaux).* Note de M. **Jacques Winter**, présentée par M. Brillouin.

La théorie qui conduit à l'établissement de l'équation intégrale de Bloch ne tient pas compte d'une manière absolue du principe de la conservation de l'énergie dans les chocs électrons-ondes élastiques. Ce principe n'y intervient que comme condition de maximum aigu. D'autre part le partage de l'espace en éléments se reproduisant périodiquement soulève des objections, et le choix des conditions initiales dans le calcul du coefficient de probabilité de transition d'un électron d'un état à l'autre paraît un peu artificiel.

Nous avons calculé les coefficients de transition (ou de diffusion) des électrons en adoptant des conditions de régime permanent qui obéissent rigoureusement à la conservation de l'énergie. Nous avons considéré un volume diffuseur fini soumis à des ondes élastiques. Le problème consiste en un calcul de perturbation à partir de l'équation de Schrœdinger. Pour une direction de cosinus α, β, γ, et à la distance r_0, le potentiel perturbateur à intégrer dans le volume diffuseur de coordonnées courantes x, y, z est, à un facteur constant près,

$$\frac{1}{r_0}\int\int\int e^{ikr_0+2\pi i\{(a_1+a)x+(b_1+b)y+(c_1+c)z-k(\alpha x+\beta y+\gamma z)\}}\times\left(1+\frac{\alpha x+\beta y+\gamma z}{r_0}\right)dx\,dy\,dz.$$

a_1, b_1, c_1, composantes de la quantité de mouvement de l'électron incident; a, b, c définissent l'onde élastique [1]

$$k=\sqrt{\frac{8\pi^2 m}{h}(\nu_1+\nu)}$$

(ν_1, ν, fréquence des ondes électroniques et élastiques).

On retrouve, comme condition de maximum aigu, la conservation de la quantité de mouvement, qui n'est possible que si

$$\frac{2m}{h}=\frac{\nu}{w^2}+\frac{2}{w}\cos\theta\sqrt{\frac{2m\nu_1}{h}},$$

θ, angle de diffusion; m, masse de l'électron; w, vitesse des ondes longitudinales.

---

(1) Léon Brillouin, *Die Quantenstatistik*, p. 341 et suiv. Berlin, Springer, 1931.

L'intensité totale diffusée au point $r_0 | \alpha, \beta, \gamma$ s'obtiendra en intégrant par rapport à a, b, c dans l'espace de configuration qui définit l'onde élastique, et l'on obtient (nous n'écrivons pas ici le terme dû aux transitions avec diminution de fréquence)

$$\mathrm{I} = \frac{\text{constante}}{r_0^2} \iiint \mathrm{N}(\nu) \frac{\sin^2(\mathrm{L}d)\sin^2(\mathrm{M}d)\sin^2(\mathrm{N}d)}{\mathrm{L}^2\mathrm{M}^2\mathrm{N}^2}\, da\, db\, dc,$$

L, M, N composantes du vecteur $\vec{\mathrm{L}} = 2\pi\left(\vec{a}_1 + \vec{a} - \vec{a}_2\right)$.

Comme coefficient de probabilité pour la transition $\left(\vec{a}_1, \vec{a}_2\right)$, il est donc naturel de prendre l'expression

$$\iint_\Sigma \frac{\sin^2 \mathrm{L}d . \sin^2 \mathrm{M}d . \sin^2 \mathrm{N}d}{\mathrm{L}^2 . \mathrm{M}^2 . \mathrm{N}^2} d\sigma.$$

$d\sigma$ élément de surface de la sphère Σ de rayon ν/ω dans l'espace de configuration des ondes élastiques. Ce coefficient est, en effet, symétrique par rapport aux électrons de vecteurs représentatifs $\vec{a}_1$ et $\vec{a}_2$.

Nous retrouverons donc l'équation intégrale de Bloch avec la modification suivante : le coefficient ν^2 est remplacé par le coefficient ν, par suite du changement de définition ci-dessus.

Singularités de l'équation intégrale. — Les singularités de l'équation intégrale apparaissent comme dues au choix des variables d'intégration ν et φ. En effet, il s'agit d'une intégration comportant cinq paramètres définissant l'onde électronique variable et l'onde élastique perturbatrice. Il y a maximum aigu quand on a conservation de la quantité de mouvement : ceci donne trois conditions supplémentaires et il ne subsiste que deux paramètres. L'on aura à intégrer une fonction bornée au voisinage de surfaces finies et il n'y a pas de singularités. Mais ces surfaces sont formées de cercles, intersections de deux familles de sphères. Pour $\nu_1 = 0$, les deux familles sont concentriques et admettent une seule sphère commune, sur laquelle il y aura à effectuer l'intégration ; ν ne pourra plus prendre qu'une seule valeur. Ceci ne gêne pas la démonstration de l'existence d'une solution de l'équation intégrale.

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Sur les caractères des courants d'alimentation d'une décharge dans l'air à basse pression.* Note de M. **R. Anthouard**, présentée par M. Fabry.

L'oscillographe cathodique Dufour, utilisé en déviant le faisceau électronique par effet électrostatique, permet de suivre avec le minimum de déformation le courant qui alimente la décharge électrique dans un gaz.

Pour étudier la tension aux bornes des électrodes, il a fallu la réduire au moyen de deux capacités en série, de rapport convenable, placées entre ces bornes. Les valeurs instantanées de l'intensité sont obtenues en enregistrant la tension aux extrémités d'une résistance ohmique qui reste toujours faible devant les valeurs de la résistance apparente du tube.

Le tube à vide contenait deux électrodes planes, circulaires, à bords arrondis, de 5^{cm} de diamètre, situées à 3^{cm} de distance l'une de l'autre; elles étaient au centre d'un ballon en verre sphérique de 15^{cm} de diamètre. Une pompe à condensation de mercure permet d'y faire un très bon vide; s'il le faut, la pression peut être maintenue très inférieure à 0,1 barye.

Un transformateur, dont le circuit primaire contient un rhéostat monté en potentiomètre, alimente le tube en expérience. Il peut donner jusqu'à 10 000 volts efficaces.

Un couple thermo-électrique fer-constantan est soudé sur chaque électrode et permet de suivre l'échauffement moyen de l'électrode pendant le passage de la décharge.

Les expériences ont été faites sur l'air résiduel et les résultats suivants ont été obtenus sans prendre de précautions pour nettoyer les parois et les électrodes. La pression a varié de 7 à 80^{mm}.

Un enregistrement contient 4 à 5 périodes complètes du courant alternatif; les tracés se reproduisent très symétriquement d'une demi-période à la suivante tant que les températures des électrodes sont les mêmes.

Tension. — 1° On peut observer que la tension croît de zéro jusqu'à la valeur du potentiel disruptif (1000 à 5000^{v});

2° La décharge disruptive a lieu au plus en 10^{-6} seconde. La tension tombe à zéro ou à quelques centaines de volts;

3° Avec le mélange employé, un régime d'entretien s'amorce en 10^{-5} seconde et se maintient ensuite :

a. La tension est au début de 200 à 800 volts;

b. Cette tension reste ensuite constante ou diminue très lentement jusqu'à un minimum (200 volts plus bas au maximum);

c. S'il y a eu minimum, la tension remonte ensuite à une valeur d'extinction; sinon la valeur d'extinction est égale à la valeur constante d'entretien.

Intensité. — 1° L'intensité reste nulle pendant la première période d'établissement de la tension;

2°. Dans le même temps que la tension passe de la valeur disruptive à zéro, l'intensité atteint une valeur maximum de l'ordre de 10 mA;

3°. Pendant la période d'entretien : *a*. l'intensité, partant de la valeur maximum de la décharge disruptive ou d'une valeur un peu inférieure, croît régulièrement ; *b*. elle atteint un maximum de l'ordre de 30 à 50 mA qui précède de peu le minimum de la tension d'entretien (pour la pression de 7^{mm}, la période d'entretien commence par quelques oscillations en tension et en intensité, très rapidement amorties) ; *c*. après le maximum d'intensité, le courant décroît jusqu'à zéro et reste nul tant que la tension n'a pas repris une valeur suffisante pour qu'il y ait une nouvelle décharge disruptive.

Aspect de la décharge. — Pour les pressions employées, la partie lumineuse n'occupait qu'une très faible partie des électrodes dont les surfaces planes étaient verticales, tout en haut et sur le bord.

Température des électrodes. — Les tensions d'entretien semblent très sensibles aux variations locales de température de la région intéressée par la décharge. Au contraire la tension de décharge disruptive ne l'a pas été beaucoup ; il est vrai que le temps d'arrêt d'une décharge à la suivante doit être suffisant pour permettre une uniformisation presque complète de la température et les élévations moyennes de température étaient inférieures à 10°.

RAYONS X. — *Formule générale pour les sauts d'absorption.* Note de M. V. **Posejpal**, présentée par M. A. Cotton.

On a des raisons de croire que les photons ne pénètrent dans l'intérieur des atomes qu'au niveau d'énergie correspondant à leur quantum $h\nu$, où ils éprouvent, dans l'absence des électrons, une diffusion cohérente, comme je l'ai montré dans une Conférence faite le 13 mai 1932 devant la Société française de Physique. Du point de vue du principe de l'action et de la

réaction il semble naturel d'admettre pour l'effet photo-électrique que seul le photon, dont la trajectoire passe par le niveau d'énergie imperméable pour lui, soit capable de transmettre toute son énergie à l'électron périphérique dans le cas d'une collision. Cette manière de voir nous conduit immédiatement à une formule générale pour les sauts d'absorption.

Soient en effet X, Y, Z, etc. les niveaux atomiques des longueurs d'onde critiques $\lambda_X < \lambda_Y < \lambda_Z$, etc. Considérons un des photons de longueur d'onde $\lambda_X + \varepsilon$, $\lim \varepsilon = 0$, dirigés vers un certain point du niveau X. La probabilité pour qu'il rencontre à son arrivée dans l'atome un électron du niveau Y par exemple, est donnée, en première approximation, par le rapport $P_Y N_Y / 4\pi a_Y^2 . \pi r^2 : P_Y$, où P_Y est la partie de la surface du niveau Y, supposée sphérique et de rayon a_Y, franchie par les photons en question, et $P_Y N_Y 4\pi a_Y^2 \pi r^2$ la surface occupée sur P_Y par les électrons du niveau Y, leur nombre total étant N_Y et πr^2 la section normale de chacun d'eux.

Au départ, la probabilité d'une pareille collision étant la même, on a, pour la probabilité totale en question, $p_Y = 2 N_Y r^2 / 4 a_Y^2$, et ainsi de suite; $p_Z = 2 N_Z r^2 / 4 a_Z^2$ pour la probabilité d'une collision avec un électron du niveau Z, etc. Si le photon avait une longueur d'onde égale à $\lambda_X - \varepsilon$, rien ne serait changé aux probabilités p_Y, p_Z, etc., seulement on aurait de plus la probabilité p_X d'une collision efficace sur le niveau X lui-même, exprimée d'une manière analogue, mais sans le facteur 2, de sorte qu'on aurait $p_X = N_X r^2 / 4 a_X^2$. En désignant par $\lambda_{X \pm \varepsilon}$ les coefficients d'absorption vraie pour les longueurs d'onde $\lambda_{X \pm \varepsilon}$, on est conduit à la relation

$$\delta_{\frac{X}{Y}} = \frac{\tau_{\lambda_X - \varepsilon}}{\tau_{\lambda_X + \varepsilon}} = \frac{p_X + p_Y + p_Z + \dots}{p_Y + p_Z + \dots}. \tag{1}$$

$\delta_{\frac{X}{Y}}$ représente le saut d'absorption sur le niveau X et la formule (1) est l'expression générale de sa valeur. Son évaluation numérique exige la connaissance des rayons a_X, a_Y, ... des niveaux atomiques. Or j'ai montré, dans la susdite conférence, que le rayon a du niveau imperméable aux photons de la longueur d'onde λ satisfait à la relation $a = \alpha + \beta\lambda$, dans laquelle le paramètre α est de l'ordre de grandeur du rayon du noyau atomique, et par suite est négligeable devant le terme $\beta\lambda$. En employant cette relation nous tirons de la formule générale (1) avec une approximation satisfaisante la relation

$$\delta_{\frac{X}{Y}} = \frac{N_X \nu_X^2 + 2 N_Y \nu_Y^2 + 2 N_Z \nu_Z^2 + \dots}{2 N_Y \nu_Y^2 + 2 N_Z \nu_Z^2 + \dots}. \tag{2}$$

Cette formule (2) est identique, à l'exception du facteur 2, à celle qui se déduit des théories d'absorption de M. L. de Broglie d'une part et de M. H. A. Compton d'autre part [1]. Elle s'accorde très bien avec l'expérience.

Pour le faire voir, nous prenons pour les N les nombres donnés par MM. Stoner et Smith et pour les ν les fréquences critiques données par M. Siegbahn dans sa Spectroscopie, ce qui nous permet de calculer les sauts d'absorption pour presque tous les éléments à partir du fer. Le saut $\delta k/L_1$ a été mesuré à plusieurs reprises par MM. Richtmayer et Warburton (de 1921 à 1927), par MM. Stoner et Martin (1925), M. Allen (1928), M. Jönsson (1928), M. Auger (1926). On peut juger de l'accord qu'il y a entre le calcul et les expériences par les nombres suivants dont le premier indique la valeur calculée, les autres, entre parenthèses, étant les valeurs expérimentales :

26 Fe : 12,43 (9,2, 9,5-10); 28 Ni : 11,75 (8,2, 8,3, 8,8-9,8); 29 Cu : 11,34 (8,2, 8,5, 9,1-9,8); 30 Zn : 10,99 (7,5, 8,8-9,5); 42 Mo : 7,92 (6,55, 6,63, 7,02; 7,5, 8,7); 46 Pd : 7,39 (6,8); 47 Ag : 7,21 (6,05, 6,12, 6,65, 6,7; 7,3, 7,3-7,7, 7,8); 50 Sn : 7,01 (5,86, 5,98, 6,56; 6,1, 6,6, 6,9-7,6); 74 W : 5,56 (5,65, 6,4); 78 Pt : 5,43 (6,0); 79 Au : 5,40 (3,9, 4,2, 6,5; 5,65, 5,8); 82 Pb : 5,28 (5,0, 5,4).

Dans le domaine des niveaux L on peut déterminer expérimentalement avec une certaine précision seulement le saut δ_{L_1/M_1}. Les sauts δ_{L_1/L_2}, δ_{L_2/L_3} et δ_{L_3/M_1} donnent par leur produit une valeur approximativement égale au saut δ_{L_1/M_1}, mais nécessairement un peu supérieure. Je donne ci-dessous les résultats ainsi calculés, de sorte que les trois premiers nombres cités correspondent aux sauts partiels, le quatrième à leur produit, tandis que les nombres qui suivent entre parenthèses correspondent aux valeurs expérimentales de δ_{L_1/M_1}, déduites des mesures de MM. Louis de Broglie (1922), Dauvillier (1924), Stoner et Martin (1925), Allen (1926), Kellström (1927), Jönsson (1928) :

47 Ag : 1,181, 1,249, 5,646; 8,33 (5,8, 5,3); 74 W : 1,190, 1,266, 3,445; 5,19 (5,5); 78 Pt : 1,192, 1,270, 3,281 ; 4,97 (5,3, 7,1); 79 Au : 1,192, 1,271, 3,223; 4,88 (4,2, 5,2); 82 Pb : 1,194, 1,276, 3,151 ; 4,80 (5,6); 92 U : 1,202, 1,298, 2,667; 4,16 (4).

Remarque. — C'est en me plaçant au même point de vue que j'avais été

---

[1] Voir Maurice et Louis de Broglie, *Introduction à la Physique des rayons X et gamma*, p. 92. Paris, 1928.

conduit antérieurement à la formule donnée dans les *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 879, mais sans connaître alors la relation $a = \alpha + \beta\lambda$. Quoique moins simples, les remarques faites alors conduisent, elles aussi, à la formule (2) de la Note présente, si l'on y introduit ladite relation.

SPECTROSCOPIE. — *Effet de la dilution et de la température sur les bandes d'absorption infrarouges : Associations moléculaires.* Note de **M. R. Freymann**, présentée par M. A. Cotton.

I. Effet de la dilution :

Intensité des bandes. — Dans une Note précédente [1] j'ai signalé le phénomène anormal suivant : Lorsque l'on dilue un alcool dans un solvant (CCl^4, C^6H^6, ...) l'intensité de la bande OH de l'alcool (9631 Å) augmente, passe par un maximum, puis décroît.

Cette observation montre l'existence d'un phénomène de *dissociation;* j'avais émis l'hypothèse d'une dissociation *électrolytique* mais en spécifiant qu'il était nécessaire de la confirmer à l'aide d'autres méthodes physiques. J'ai étudié récemment la conductibilité électrique de mélanges $C^4H^9OH - CCl^4$; ces mesures infirment nettement l'hypothèse émise.

J'ai donc recherché une autre explication du phénomène de dissociation observé. L'*hypothèse des associations moléculaires* [voir par exemple le livre de Smyth [2] ou la Note de Longinescu [3]] permet d'expliquer la plupart des phénomènes que j'ai observés concernant l'effet de la dilution ou de la température sur les bandes infrarouges.

Comme les études des moments électriques l'ont précisé les alcools et les acides purs présentent des cas d'association moléculaire particulièrement marqués; ces associations dissimulent les groupements OH, ce qui explique la faible intensité de la bande OH. Quand on dilue l'alcool, l'introduction du solvant détruit les associations moléculaires; les molécules se séparent suivant le schéma :

$$\begin{array}{l} R^+OH^- \\ \overline{\quad\downarrow\quad} \\ \quad R^+OH^- \\ \quad\overline{\quad\downarrow\quad} \\ \quad\quad R^+OH^- \end{array}$$

---

(1) R. Freymann, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 928.

(2) C. P. Smyth, *Dielectric constant and molecular structure* (*Chemical Catalog, New-York*, 1931).

(3) G. G. Longinescu, *Chem. Rev.*, 6, 1919, p. 381.

(et non selon le schéma $R^{+}|OH^{-}$ de dissociation électrolytique précédemment invoqué).

Les groupements OH étant libérés l'intensité de la bande OH doit croître, comme le montre l'expérience; pour une concentration de 10 à 20 pour 100 en alcool la destruction des associations est presque terminée et l'intensité de la bande OH décroît par suite de la diminution du nombre de molécules d'alcool dans le solvant.

Position des bandes. — Dans un prochain travail d'ensemble je montrerai que les associations moléculaires, comme les doubles liaisons, interviennent dans les déplacements des bandes OH que j'ai déjà signalés ([1]) : la dilution de $C^6H^5CH^2OH$ dans CCl^4 ramène la bande OH de 9778 vers 9631 Å et la dilution de C^4H^9OH dans C^6H^6 déplace la bande de 9631 vers 9778 Å.

II. Effet de la température :

Intensité des bandes. — Alors que les bandes CH ne sont pas affectées par l'élévation de la température (ni leur intensité, ni leur position ne changent), *l'intensité de la bande* OH *des alcools et des acides croît considérablement par élévation de la température*, comme le montre le tableau I pour l'alcool butylique :

Tableau I (*alcool butylique*).

Température	18°.	30°.	40°.	50°.	62°.	70°.	79°.	90°.	100°.	111°.
Intensité	6	9	11	16	18	21	26	29	34	36

Cet accroissement d'intensité s'interprètera également par l'hypothèse des associations moléculaires.

Position des bandes. — La position de la bande OH de C^4H^9OH (9631 Å) ne varie pas sensiblement quand on élève la température; par contre la *bande* OH *de l'alcool benzylique revient de* 9778 *vers* 9631 Å (tableau II) :

Tableau II (*alcool benzylique*).

Température (en degrés C.)	18°.	40°5.	63°,5.	81°.	96°.	125°.	140°.
λ en Å	9778	9763	9749	9739	9721	9706	9688

Je montrerai ultérieurement que ces déplacements sont liés, d'une part à l'existence des doubles liaisons, d'autre part à la rupture des associations moléculaires.

III. Remarque sur le déplacement des bandes OH. — Ne pouvant faire ici l'examen détaillé des forces qui les produisent, je rappelle seulement les

(1) *Loc. cit.*

divers déplacements que j'ai observés pour la bande OH (en Å) :

9631 — C^4H^9OH liquide (→ vers 9778 par dilution dans C^6H^6)

→ 9683 — $CH^2{=}CHCH^2OH$ (← vers 9631 par dilution dans CCl^4, par élévation de la température)

→ 9672 — $(CH^3)^3COH$

9778 — $C^6H^5CH^2OH$ (← vers 9631 par dilution dans CCl^4, par élévation de la température)

9735 — H^2O liquide (← vers les courtes λ par élévation de la température)

9823 — $C^{12}H^{22}O^{11}$ Saccharose solide

Ces déplacements sont à rapprocher de ceux signalés par B. Stansfeld (*Zeits. Phys.*, 74, 1932, p. 466) dans le passage de l'état liquide à l'état de vapeur.

RADIOACTIVITÉ. — *Entraînement du polonium par les oxalates cristallins en milieu nitrique.* Note de M. Servigne, présentée par M. G. Urbain.

De nombreux auteurs ont étudié l'entraînement sélectif des radioéléments en solution par une phase cristalline se formant au sein de cette solution, en vue d'en déduire une analogie chimique entre l'élément entraîneur et l'élément entraîné.

A ce point de vue, j'ai pensé qu'il serait intéressant d'étudier le comportement du polonium dans la cristallisation partielle, provoquée par refroidissement, d'un oxalate primitivement en solution nitrique poloniée. Les éléments entraîneurs choisis ont été : le lanthane et le scandium (trivalents), le calcium et le strontium (divalents).

La méthode utilisée a été la suivante : l'oxalate entraîneur, préalablement préparé à l'état pur et sec, est dissous à chaud dans 7^{cm^3} d'une solution nitrique (4N ou 2N), contenant du polonium. Cette solution, rendue bien homogène, est abandonnée pendant 18 heures, à température constante (17°C.), à un lent refroidissement au cours duquel le sel entraîneur précipite partiellement à l'état cristallin. On sépare ensuite rapidement les deux phases en présence, par décantation et pipetage complet de l'eau mère; on détruit l'oxalate dans chacune d'elles par l'acide nitrique concentré et bouillant. On dose enfin de part et d'autre l'élément entraîneur et le polonium (ce dernier par dépôt sur une lame d'argent en solution faiblement chlorhydrique et mesure de son activité).

Les conditions expérimentales sont telles que l'acidité élevée du milieu de cristallisation assure au polonium un état soluble et ionique (ion simple

ou complexe), et que le volume constant de la solution primitive est suffisant pour rendre négligeable la correction relative aux traces d'eau mère toujours adhérentes aux cristaux après la séparation des phases.

Les quantités totales pour chaque essai des deux éléments comparés et les résultats obtenus sont les suivants :

1. *Polonium-Lanthane* (en milieu nitrique 4N).

Essais.	Quantités mises en solution. Polonium (en 10^{-11} gr).	Lanthane (en La^2O^3).	Partage relatif de chaque élément entre les deux phases. $\frac{\text{Po cristaux}}{\text{Po solution}}$. 1.	$\frac{\text{La cristaux}}{\text{La solution}}$. 2.
I..........	12,8	0,1693	0,10	0,035
II.........	3,82	0,2431	0,70	0,19
III........	3,94	0,2515	2,5	0,32
IV........	6,08	0,3059	2,7	0,39
V.........	4,27	0,3260	5,3	0,54
VI........	7,80	0,3524	12,4	1,09
VII.......	6,96	0,3734	14,5	1,18

2. *Polonium-Lanthane* (en milieu nitrique 2N).

I..........	3,42	0,0663	10	1,54
II.........	3,63	0,0539	5,8	0,73
III........	3,04	0,0418	1,9	0,16

3. *Polonium-Scandium* (en milieu nitrique 4N).

		Scandium (en Sc^2O^3).		$\frac{\text{Sc cristaux}}{\text{Sc solution}}$.
I..........	7,61	0,0294	2,2	0,35
II.........	3,61	0,0427	3,9	0,98
III........	4,32	0,0518	7,2	1,47

4. *Polonium-Calcium* (en milieu nitrique 4N).

Essais.	Po (en 10^{-11} gr).	Calcium (en oxalate).	$\frac{\text{Po cristaux}}{\text{Po solution}}$.	$\frac{\text{Ca cristaux}}{\text{Ca solution}}$.
I..........	3,12	0,4034	0,3	0,011
II.........	4,15	0,4210	6,3	0,046
III........	3,38	0,4319	8,6	0,061

5. *Polonium-Strontium* (en milieu nitrique 4N).

		Strontium (en oxalate).		$\frac{\text{Sr cristaux}}{\text{Sr solution}}$.
I..........	3,93	1,0366	0,075	0,11
II.........	4,15	1,7209	0,068	0,13
III........	3,50	2,1060	0,10	0,30

On constate donc le même caractère d'entraînement du polonium par les oxalates de lanthane et de scandium, dont les propriétés chimiques et cristallographiques sont pourtant notablement différentes.

Par contre, l'entraînement par le calcium est tout à fait différent de l'entraînement par le strontium, malgré la grande analogie chimique de leurs oxalates. Dans ce dernier cas, il faut de plus remarquer que le strontium donne lieu à la formation de cristaux nets et bien développés, alors que les cristaux d'oxalate de calcium obtenus en très faible quantité se présentent sous forme d'une poussière particulièrement fine.

Ces résultats paraissent être dès maintenant en faveur de la trivalence du polonium dans son oxalate.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déplacement de quelques équilibres chimiques basé sur l'adsorption sélective d'hydroxydes par le gel de silice.* Note [1] de M. **Berthon**, présentée par M. Matignon.

On sait que l'adsorption des bases alcalines par le gel de silice est *spécifique*, et que pour les bases *de force égale* comme LiOH, KOH, NaOH, elle procède suivant le classement de la série lyophile [2].

$$LiOH > KOH > NaOH.$$

Ces trois bases sont d'ailleurs plus fortement adsorbées que l'ammoniaque.

Les sels alcalins d'acide fort comme NaCl ne sont pas adsorbés; mais, si l'on ajoute à la solution de l'ammoniaque, on trouve que la silice fixe des ions Na^+, mais pas d'ions Cl^-. On est conduit par suite à admettre qu'il y a adsorption *sélective* de soude provenant de la destruction de l'équilibre :

$$ClNa + NH^4OH \rightleftharpoons NaOH + ClNH^4.$$

Le gel de silice utilisé était préparé par la méthode de Patrick. La marche expérimentale était la suivante : 2^g de gel étaient agités avec 25^{cm^3} de solution étudiée; après 24 heures de repos, deux prises de 10^{cm^3} du liquide décanté étaient analysées.

Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après :

---

(1) Séance du 27 juin 1932.

(2) Bartell et Fu, *J. Phys. Chem.*, 33, 1929, p. 677.

Adsorption de NaCl par le gel de silice, en l'absence et en présence d'ammoniaque. — 25cm³ de solution + 2g de gel. — Les résultats sont exprimés en milli-équivalents dans 10cm³ de solution avant et après adsorption.

Solution.	Na^+ avant.	Cl^- avant.	Na^+ après.	Cl^- après.	Na^+ adsorbé.	Cl^- adsorbé.
Ammoniacale (N)....	1,357	1,355	0,865	1,360	—0,492	—0,005
Neutre..............	1,357	1,360	1,362	1,358	+0,005	—0,002
Ammoniacale (N)....	2,638	2,642	1,930	2,645	—0,708	+0,003
Neutre..............	2,634	2,635	2,628	2,630	—0,006	—0,005
Ammoniacale (N)....	5,156	5,160	4,244	5,157	—0,912	—0,003
Neutre..............	5,160	5,163	5,153	5,163	—0,007	0,000

Les conclusions qui se dégagent de ces résultats sont les suivantes :

1° L'adsorption de NaCl est nulle, à la précision des mesures, quand il se trouve seul en solution. Par conséquent, si l'adsorption hydrolytique existe, elle est très faible ([1]).

2° En présence de NH^4OH, on observe une adsorption relativement grande des ions Na^+ et une adsorption nulle des ions Cl^-. On est donc conduit à admettre qu'il y a eu adsorption préférentielle de soude, et celle-ci ne peut provenir que de la destruction de l'équilibre

$$NaCl + NH^4OH \rightleftharpoons NaOH + NH^4Cl. \qquad (1)$$

3° On voit enfin que pour une concentration initiale en ammoniaque constante (sol. N), la quantité d'ions Na^+ adsorbés croît avec la concentration en ClNa.

Il paraissait alors intéressant d'étudier l'influence des autres facteurs de l'équilibre (1), à savoir la concentration en ammoniaque et la concentration en NH^4Cl.

Pour une solution à concentration initiale constante en NaCl (environ 0,25 N), l'adsorption des ions Na^+ croît d'abord rapidement en fonction de la quantité d'ammoniaque initialement présente jusqu'à ce que la concentration d'équilibre soit environ 0,2 N en NH^4OH. Ensuite la quantité d'ions Na^+ adsorbés croît très lentement quand on augmente la quantité d'ammoniaque. Cet effet ne provient pas d'une saturation de l'adsorbant par la soude, mais est dû à l'action *désorbante* exercée par le $ClNH^4$, par suite de la réaction à la surface du gel

$$ClNH^4 + NaOH = ClNa + NH^4OH.$$

([1]) Bartell et Fu (1) dans le cas KCl ont trouvé une adsorption hydrolytique de 0,006 millimolécule de KOH sur 7,007 de KCl présentes par gramme de gel.

Toutes conditions égales d'ailleurs, si l'on ajoute préalablement du chlorhydrate d'ammoniaque de concentration 0,6 M l'adsorption des ions Na^+ baisse à 12 pour 100 de la valeur qu'on obtient en l'absence de toute addition initiale de $ClNH^4$.

Nous avons également cherché si ces phénomènes d'adsorption sélective étaient spécifiques comme dans le cas d'adsorption directe des bases.

Dans le cas des chlorures alcalins, on observe bien une spécificité, mais l'ordre d'adsorbabilité est juste l'inverse de celui trouvé dans l'adsorption directe des hydroxydes. Il intervient ici un facteur qui malheureusement nous échappe. Dans le cas des chlorures alcalino-terreux, on retrouve au contraire l'ordre normal de la série lyophile.

Nous avons cherché à généraliser ce processus d'adsorption, et à adsorber directement les hydroxydes des métaux lourds en les faisant entrer en solution complexe ne précipitant pas par l'ammoniaque.

Nous avons choisi comme exemple le tartrate complexe de fer. En l'absence d'ammoniaque, bien que les solutions renferment de l'hydroxyde de fer colloïdal, reconnaissable à leur couleur rouge brun, l'adsorption des ions Fe^{+++} est très faible. Au contraire, en présence d'ammoniaque, l'adsorption des ions Fe^{+++} est notable, alors que celle des ions tartriques reste négligeable.

Il est naturel d'admettre que le gel de silice a détruit l'équilibre : tartrate de fer complexe + ammoniaque $\rightleftharpoons$ hydrate de fer + tartrate d'ammoniaque par suite de l'adsorption sélective de $Fe(OH)^3$.

Ces résultats montrent que *le gel de silice est susceptible, par adsorption sélective, de détruire des équilibres à constantes extrêmement faibles.*

Ils montrent, d'autre part, qu'il est possible d'adsorber moléculairement en solution les *hydroxydes des métaux lourds* (1). Ce résultat est intéressant pour la *préparation de gels recouverts soit d'oxydes, soit de métaux*, constituant, en raison de leur grande surface, des catalyseurs remarquables.

---

(1) Contrairement à ce que pensaient Patrick et Barclay (*J. Phys. Chem.*, **29**, 1925, p. 1400) qui considèrent que « le gel pur usuel ne peut ni adsorber, ni déplacer directement en solution les composés des métaux lourds ».

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la graphitisation primaire des fontes au molybdène.* Note de MM. **Jean Cournot** et **Jean Challansonnet**, présentée par M. Léon Guillet.

Des recherches d'ensemble sur les propriétés des fontes au molybdène nous ont amenés à étudier systématiquement l'effet de cette addition sur la précipitation et la forme du graphite d'une fonte grise.

D'après E. K. Smith et H. G. Aufderhaar ([1]), une fonte répondant à

$$Ct = 3{,}32 \text{ pour } 100, \quad Cg = 2{,}67 \quad Cc = 0{,}65 \quad Si = 2{,}18 \quad Mn = 0{,}52$$
$$S = 0{,}06 \quad P = 0{,}07$$

peut supporter des additions de molybdène allant jusqu'à 4 pour 100, sans que la proportion de son graphite libre diminue. Ils ont remarqué comment les filaments de graphite deviennent plus fins et plus courts et se transforment même partiellement en très petites modules dans ces fontes spéciales.

L'un de nous ([2]) a fait des observations analogues dans une étude des fontes à basses teneurs en molybdène.

Les fontes au molybdène du tableau ci-après ont été élaborées au four à induction à haute fréquence, en creuset silico-alumineux, à partir d'une fonte répondant à

$$Ct = 3{,}7 \text{ pour } 100 \quad Si = 2{,}30 \quad Mn = 1{,}4 \quad S = 0{,}03 \quad P = 0{,}07$$

et d'une fonte mère à 20 pour 100 de molybdène préparée elle-même avec un ferro-alliage à 62 pour 100 de molybdène et 0,1 pour 100 de carbone.

Elles ont été coulées à 1400° en sable préalablement étuvé, le moule donnait deux lingots cylindriques ayant respectivement 35 et 10^{mm} de diamètre, 500 et 250^{mm} de hauteur. Des baguettes de graphite placées au-dessus du bain sans y toucher, permettaient de réaliser une atmosphère d'oxyde de carbone. Pour vérifier aussi exactement que possible l'action du molybdène sur la forme du graphite, nous nous sommes attachés à éliminer les causes accidentelles qui peuvent l'affecter : temps de fusion trop prolongé, surchauffe du bain pour dissoudre l'addition, températures de coulée trop élevées ou différentes.

([1]) E. K. Smith et H. G. Aufderhaar, *Iron Age*, 124, 5 décembre 1929, p. 1507 à 1509.

([2]) Jean Challansonnet, *Revue de Métallurgie*, 27, 1930, p. 654 à 671.

Ainsi qu'en témoigne le tableau, les dosages du carbone total et du silicium restent rigoureusement comparables dans chacune des compositions ; les variations très faibles du manganèse n'étaient pas à noter.

Les analyses du carbone libre ont été réalisées par combustion, au four de Wiborgh, du graphite échappant à l'attaque nitrique. Elles sont en parfait accord avec les observations métallographiques ; par contre, la méthode d'Eggertz donne des résultats divergents.

				Graphite libre pour 100.	
Matricule des alliages.	C tota .	Si pour 100.	Mo pour 100.	Jet de 35^{mm} (A).	Jet de 10^{mm} (B).
1 M	3,6	2,30	0	3,3	3,3
2 M	3,56	2,25	0,25	3,24	3,18
3 M	3,65	2,38	0,6	3,05	3,07
4 M	3,6	2,42	1,57	2,85	2,95
$4M_1$	3,50	2,3	2,05	2,9	2,8
$4M_2$	3,58	2,28	2,9	2,65	1,5
5 M	3,47	2,2	3,84	2,3	0
$5M_1$	3,6	2,35	4,5	1,12	0
6 M	3,42	2,19	7,7	0	0

Observations. — Jet de 35^{mm} (A) : 1M à $4M_1$, graphite en forme de filaments ; $4M_2$ à 6M, fontes à carbures complexes. — Jet de 10^{mm} (B) : 1M et 2M, graphite en filaments ; 3M à $4M_1$, fonte grise dont le graphite est en nodules très réduits ; $4M_2$ à 6M, fontes à carbures complexes.

Jusqu'à 2 pour 100 de molybdène, que la vitesse de refroidissement après coulée soit lente comme dans l'éprouvette A, ou rapide comme dans l'éprouvette B, le carbone libre ne diminue pas sensiblement. Il n'en est plus de même quand le molybdène atteint et dépasse 2,9 pour 100 : les éprouvettes de 10^{mm} deviennent des fontes à cémentites complexes, sans graphite, et les jets principaux voient leur carbone libre décroître progressivement et disparaître quand le molybdène atteint 7 pour 100.

Forme du graphite. — Dans les jets de 35^{mm}, la forme lamellaire du graphite de la fonte de base n'est pas modifiée par les additions de molybdène atteignant 2,9 pour 100. Au delà, le graphite se présente en nodules quand la teneur en carbone combiné augmente, ceci n'a pas d'intérêt pratique puisque les fontes deviennent blanches. Au contraire, le graphite des moulages de 10^{mm} subit un affinement structural important ; les filaments se transforment en très petits nodules à partir et au delà de 0,6 pour 100 de molybdène.

Dans une seconde série d'essais, nous avons coulé à 1600° les composi-

tions 1M et 4M, sous forme de jets A. Cet accroissement de 200° de la température de coulée, donne dans la fonte ordinaire et dans la fonte au molybdène un graphite en nodules très réduits, présentant l'aspect d'un eutectique limitant très nettement les plages polygonales de ferrite mélangée de perlite ou de constituants de trempe sur la nature desquels nous reviendrons dans une prochaine Note.

Conclusions. — Cette étude montre qu'il est possible d'ajouter jusqu'à 2 pour 100 de molybdène à une fonte grise sans qu'elle présente de carbures libres. Les fontes obtenues peuvent rester grises malgré un refroidissement rapide après coulée. Quand cette addition atteint 2,9 pour 100, le carbone libre des jets principaux diminue progressivement, et celui des jets de 10^{mm} brusquement, pour donner des fontes à cémentites complexes.

Le graphite nodulaire n'a été retrouvé que dans les moulages de faible épaisseur. L'affinage structural du graphite enregistré dans des jets normaux par les auteurs cités ne semble donc être que la conséquence d'une surchauffe ou d'un accroissement de la teneur en carbure, mais non un effet propre du molybdène, entrant en solution solide dans la ferrite perlitique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherche et dosage de l'arsenic des matières organiques après destruction perchlorique.* Note de M. **Ernest Kahane**, présentée par M. G. Urbain.

I. J'ai, à plusieurs reprises, préconisé l'emploi de l'acide perchlorique, associé à l'acide nitrique seul ou aux acides nitrique et sulfurique, pour la destruction des matières organiques, en vue de la recherche et du dosage de divers éléments. Dernièrement, j'ai pu définir les conditions dans lesquelles l'acide perchlorique permet d'effectuer sans danger la destruction de grandes quantités de matières organiques, et j'ai pu envisager ainsi son emploi en toxicologie [1]

Pour que cette application soit possible, il faut que la destruction nitro-sulfo-perchlorique des matières organiques ne donne lieu à aucun entraînement, sous forme volatile, des éléments à rechercher ou à doser. Il n'est nullement évident, *a priori*, que des traces d'éléments habituellement considérés comme fixes (Pb, Bi) ne puissent être ainsi entraînés. A plus forte raison cela est-il à craindre pour des éléments volatils tels que le mercure ou l'arsenic.

---

[1] E. Kahane, *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 1018.

L'étude de la destruction nitro-sulfo-perchlorique de subtances organiques arsenicales a été effectuée sur des échantillons de 250 à 300^g de foie de bœuf additionnés de 1^{mg} à 4^g As sous forme organique. La technique utilisée était voisine de celle que j'ai précédemment décrite [1] : la principale différence consistait dans l'emploi d'un mélange de 2^{vol} $ClO^4H + 1^{vol}$ NO^3H au lieu de ClO^4H pur. L'opération était effectuée dans un appareil en pyrex assemblé par rodages et permettant de condenser les vapeurs émises. Le liquide aqueux condensé est riche en dérivés nitrés et il contient une faible quantité de produits organiques, tels que des acides gras, entraînables par la vapeur d'eau.

La recherche de l'As dans ce distillat doit être précédée d'une évaporation et d'une destruction des matières organiques. Or, on sait, à la suite des recherches classiques d'A. Gautier et de celles de G. Bertrand, quelles précautions minutieuses il faut prendre pour se mettre à l'abri des erreurs d'interprétation dues à l'impureté des réactifs. Aussi n'ai-je pas encore abordé cette étude à l'échelle microanalytique, et me suis-je contenté pour l'instant du test au réactif hypophosphoreux de Bougault, qui me semble être assez sensible pour permettre d'établir la légitimité d'application d'une méthode toxicologique.

La destruction nitro-sulfo-perchlorique a donné lieu à la distillation de quantités de produits arsenicaux pouvant devenir considérables lorsque la phase nitro-sulfurique de la réaction telle que je l'ai décrite (*loc. cit.*) est tant soit peu prolongée. En revanche, moyennant quelques précautions destinées à éviter que le milieu devienne très réducteur, et dont le détail figurera dans un autre Recueil, l'arsenic introduit a été retrouvé quantitativement dans le ballon-laboratoire, et le liquide distillé, concentré en présence de $SO^4H^2 + ClO^4H$, n'a donné aucune coloration par action du réactif de Bougault.

Il résulte de ces expériences qu'il est légitime d'envisager la recherche et le dosage toxicologiques de l'arsenic après minéralisation nitro-sulfo-perchlorique des viscères.

II. La même méthode peut évidemment être utilisée en chimie analytique pour le dosage de l'arsenic organique. Les méthodes classiques exigent, soit une destruction par voie sèche, dont les désagréments sont bien connus, soit une attaque nitro-sulfurique ou permanganique, très longue et d'une efficacité parfois imparfaite.

---

[1] E. Kahane, *Bull. Soc. Ch. biol.*, 14, 1932, p. 294-304.

L'attaque nitro-sulfo-perchlorique est d'une application générale, elle est commode et rapide (5 à 10 minutes pour une prise d'essai de plusieurs décigrammes). Elle laisse l'As sous forme d'acide arsénique en milieu purement sulfurique où il peut être dosé correctement par n'importe laquelle des méthodes classiques : arséniate ammoniaco-magnésien, sulfure d'arsenic, complexe arsénio-molybdo-éthéré (méthode de Copaux) ou titration à l'iode ou au brome naissant après réduction par l'iodure de potassium (technique de Fleury) ou par le sulfate d'hydrazine (méthode de Schuleck et Villecz) (1).

J'ai appliqué systématiquement cette dernière méthode au dosage de l'As dans les liqueurs provenant de l'attaque nitro-sulfo-perchlorique des produits suivants, dont la plupart présentent un intérêt technique : cacodylate de sodium, méthylarsinate de sodium (ces deux produits présentent une grande résistance à la destruction nitro-sulfurique), dichlorophénylarsine, chlorodiphénylarsine, triphénylarsine, paraaminophénylarsinate de sodium, N-phénylglycinamide-paraarsinate de sodium, acide métaformylamino-paraoxyphénylarsinique, acide métaacétylamino-paraoxyphénylarsinique, son sel de sodium et son sel de diéthylamine.

Les résultats analytiques, qui figureront, ainsi que la technique détaillée, dans un autre Recueil, sont en bon accord avec la théorie.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur des combinaisons organiques sulfurées de tellure, d'arsenic et d'étain.* Note de MM. L. Debucquet et L. Velluz, présentée par M. G. Urbain.

Nous avons précédemment montré (2) que le passage prolongé d'un courant d'hydrogène sulfuré dans des solutions de molybdate ou de tungstate de pipérazine, en présence d'un excès de cette base hétérocyclique, permettait d'obtenir, cristallisés de premier jet, des sulfures doubles, rouges pour le molybdène, jaunes pour le tungstène. On peut considérer ces sulfures comme étant des sel organiques définis des thioacides MoS^4H^2 ou WS^4H^2.

Un mode opératoire analogue nous a permis de préparer des combinaisons sulfurées cristallisées de tellure, d'arsenic et d'étain. On les obtient

---

(1) E. Schulek et P. v. Villecz, *Z. anal. Chem.*, 76, 1929, p. 81-103.

(2) L. Debucquet et L. Velluz, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 58.

en solubilisant 1g d'acide tellurique, d'acide arsénique, d'anhydride arsénieux ou de tétrachlorure d'étain, dans un excès suffisant d'une solution de pipérazine, puis en soumettant ces solutions au passage de l'hydrogène sulfuré pendant deux ou trois heures. La précipitation est achevée en abandonnant, dans leur atmosphère sulfurée, pendant un jour, la solution et les précipités cristallins formés. Ceux-ci sont alors isolés, soigneusement lavés à l'alcool éthylique, à l'éther éthylique, puis séchés à l'air libre et rapidement placés en atmosphère sèche, à l'abri de la lumière.

Les combinaisons ainsi obtenues sont les suivantes :

I. *Sulfure double de tellure et de pipérazine.* — Petites aiguilles jaunes de formule $TeS^2.C^4H^{10}N^2.H^2S$, P. M. = 311,8.

Analyse. — Calculé pour 100 : TeS^2, 61,48; S, 30,80; N, 8,99. Trouvé pour 100 : TeS^2, 61,02; S, 31,04; N, 8,97.

II. *Sulfures doubles d'arsenic et de pipérazine :*

A. *Arsenic trivalent :* $As^2S^3.C^4H^{10}N^2.H^2S$. P. M. = 366,29. Fines aiguilles jaune citron.

Analyse. — Calculé pour 100 : As, 40,98; S, 34,97; N, 7,65. Trouvé pour 100 : As, 40,48; S, 35,02; N : 7,83.

B. *Arsenic pentavalent :* $As^2S^5(C^4H^{10}N^2)^3 3H^2S$. P. M. = 670,77. Tables incolores jaunissant rapidement à l'air.

Analyse. — Calculé pour 100 : As, 22,38; S, 38,20; N, 12,53. Trouvé pour 100 : As, 21,89; S, 39,0; N, 12,48.

III. *Sulfure double d'étain et de pipérazine.* — Aiguilles blanches de formule $SnS^2 C^4H^{10}N^2 H^2S$. P. M. = 303,0.

Analyse. — Calculé pour 100 : Sn, 39,17; S, 31,75; N, 9,24. Trouvé pour 100 : Sn, 38,55; S, 31,21; N, 9,23.

Enfin, en utilisant une solution d'anhydride arsénieux dans la pipéridine, nous avons obtenu, dans des conditions analogues, la combinaison arsenicale suivante :

$$As^2S^3(C^5H^{11}N)^2 H^2S. \quad \text{P. M.} = 450,38.$$

Poudre cristalline jaune citron.

Analyse. — Calculé pour 100 : As, 33,29; S, 28,48; $C^5H^{11}N$, 37,79. Trouvé pour 100 : As, 33,40; S, 29,13; $C^5H^{11}N$, 37,68.

Toutes les combinaisons sulfurées ainsi obtenues sont peu solubles dans l'eau. Elles sont décomposées par les acides dilués avec dégagement d'hydrogène sulfuré et formation du sulfure métalloïdique ou métallique correspondant. On doit les considérer, semble-t-il, comme dérivant des thioacides TeS^3H^2, $As^2S^4H^2$, $As^2S^8H^6$, SnS^3H^2. Il est intéressant de noter que, parmi les bases organiques utilisées, seules la pipérazine et, dans certains cas, la pipéridine, permettent d'isoler directement les sels définis que nous venons de décrire.

LITHOLOGIE. — *Les caractères pétrographiques des houilles à coke.* Note de M. **André Duparque**, présentée par M. Ch. Barrois.

Le terme *houille à coke* désigne dans la classification chimique de Grüner un type de combustibles caractérisés par des teneurs en matières volatiles comprises entre 26 et 18 pour 100 qui donnent dans les fours à coke ordinaires un coke dur, sonore et cohérent, propre à l'usage des hauts fourneaux (coke métallurgique). Défini de cette façon, ce terme correspond presque exclusivement dans le Bassin houiller franco-belge et dans les autres gisements que j'ai étudiés à un *type pétrographique parfaitement défini* (¹).

La quasi-totalité des houilles à coke examinées rentre dans la catégorie des charbons ligno-cellulosiques formés par interstratification de trois constituants macroscopiques qui sont :

1° Des lits de *houille brillante* (Vitrain) résultant de la précipitation chimique du ciment colloïdal organique en l'absence de tout débris organisé.

2° Des lits de *houille semi-brillante* (Clarain) où un ciment abondant enrobe des menus débris de bois gélifiés ou transformés en Fusain.

3° Des masses lenticulaires de *Fusain* formant parfois des lits d'une certaine étendue.

Au point de vue microscopique ces houilles à coke doivent être surtout considérées comme des mélanges en proportions variables de *houille amorphe* brillante et de *Fusain* (bois transformé en houille mate fibreuse), *constituants pouvant facilement être isolés à l'état de pureté, dans certaines circonstances favorables, et dont les propriétés chimiques se révèlent essentiellement différentes.*

α. La *houille amorphe* (houille brillante Vitrain, ciment colloïdal) employée seule donne un coke boursouflé et fragile ne présentant pas les qualités des cokes métallurgiques, son *pouvoir agglutinant* et son *indice de gonflement* étant, par contre, très élevés.

β. Le *Fusain* traité isolément se comporte comme un véritable anthracite d'origine ligneuse et *ne donne pas de coke cohérent*, son *pouvoir agglutinant* et son *indice de gonflement* étant extrêmement faibles et presque toujours nuls.

Or, d'autre part, l'étude microscopique des houilles montre que le Fusain,

(¹) A. Duparque, *Comptes rendus*, **190**, 1930, p. 1200; **192**, 1931, p. 1257 et 1472.

élément inerte, non cokéfiable *est beaucoup plus abondant dans les houilles à coke* que dans les autres types de charbons (houilles bitumeuses et anthracites) qui traités à l'état brut donnent des cokes médiocres (coke d'usine à gaz) ou n'en donnent pas du tout (cas des houilles maigres ou des anthracites). On en arrive donc à cette conclusion *que dans les houilles à coke le Fusain, élément éminemment poreux et dépourvu de tout pouvoir cokéfiant, joue un rôle essentiel dans les phénomènes qui président à la formation des cokes métallurgiques* en compensant l'indice de gonflement trop élevé de la houille amorphe.

Cette étude montre en outre que, dans les houilles à coke, *le mélange des éléments actif* (houille amorphe) *et inerte* (Fusain) *est réalisé d'une façon trèsintime* puisqu'il résulte de l'interstratification de lits et de lentilles de quelques millimètres d'épaisseur.

Dans ces conditions, l'étude microscopique des houilles à coke permet d'expliquer logiquement certains faits d'observation et d'expérience restés jusqu'ici assez mystérieux.

C'est un fait bien connu que certaines houilles broyées et mélangées donnent un bon coke métallurgique, alors que ces mêmes houilles traitées à l'état brut ne fournissent que du coke de médiocre qualité. Il est évident que le broyage réalise le mélange intime des éléments actif et inactif, *mélange intime qui faisait défaut dans le charbon en question.*

L'on sait également que des houilles présentant des teneurs en matières volatiles identiques peuvent réagir différemment à la cokéfaction. En dehors du cas précédent (absence d'homogénéité du mélange naturel) ce fait s'explique très simplement si l'on considère que les teneurs en matières volatiles globales d'une houille à coke sont les résultantes de celles très différentes de l'élément actif et de l'élément inerte. Une houille très homogène résultant de l'amaigrissement d'une houille de cutine pauvre en Fusain peut très bien, par exemple, *ne pas présenter*, à teneur en matières volatiles égale à celle d'une bonne houille à coke, *le mélange convenable des deux éléments actif et inerte.*

En résumé, les houilles à coke sont des *mélanges intimes*, en proportions convenables, d'*éléments actifs* (houille amorphe et bois gélifiés) et d'un *élément inerte* (Fusain) qui joue, néanmoins, un rôle primordial dans les phénomènes de cokéfaction. Ces caractères, mis en évidence par l'étude microscopique, sont ceux que l'on doit exiger des mélanges de houille à compositions chimiques très diverses que l'on utilise dans la fabrication des cokes métallurgiques.

GÉOLOGIE. — *Le mélange originel des minerais oolithiques lorrains-luxembourgeois.* Note [1] de **M. J. P. Arend**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Les travaux entrepris à la suite des nouvelles théories que nous avons développées ici même sur la genèse des oolithes [2], sur le faciès des couches [3] et sur le mode de formation des minerais oolithiques en général [4] ont singulièrement précisé la nature et la provenance des constituants des minerais en question.

Dans les Notes visées ci-dessus nous avons établi entre autres que le mécanisme colloïdal invoqué exige des dépôts ferrugineux d'origine thermale. Seul ce mode de formation peut réaliser les conditions physico-chimiques nécessaires :

1° pour que la réduction totale et subséquente des dépôts ferriques devienne possible par la putréfaction de la faune qu'ils contiennent ;

2° pour que les germes phosphatés qui en dérivent et qui doivent marquer d'avance l'emplacement des oolithes futurs se répartissent judicieusement dans le système ;

3° pour qu'enfin soit créé cet état particulier de consistance et de pénétrabilité uniforme que réclame la genèse de l'oolithe par voie colloïdale.

Ces énoncés sont confirmés par les interdépendances entre le bassin minier, les failles et les lieux d'émergence des eaux hydrothermiques fortement ascendantes, que relève la figure ci-après.

De la même faille de Hayange qui se rattache à un des plus forts développements des minerais, jaillissent à Mondorf des eaux hydrothermiques ascendantes fortement ferrugineuses. La radioactivité des eaux et des gaz riches en argon et en hélium prouve que les eaux proviennent, en partie du moins, d'un milieu de désintégration intense. Et la composition des eaux indique encore qu'elles sont en relation avec les zones de roches lourdes, riches en fer et en magnésie.

Au premier contact avec l'air, ces eaux déposent par mètre cube 9g de limon ferrugineux. Une aération plus complète donne lieu à une nouvelle

(1) Séance du 20 juin 1932.

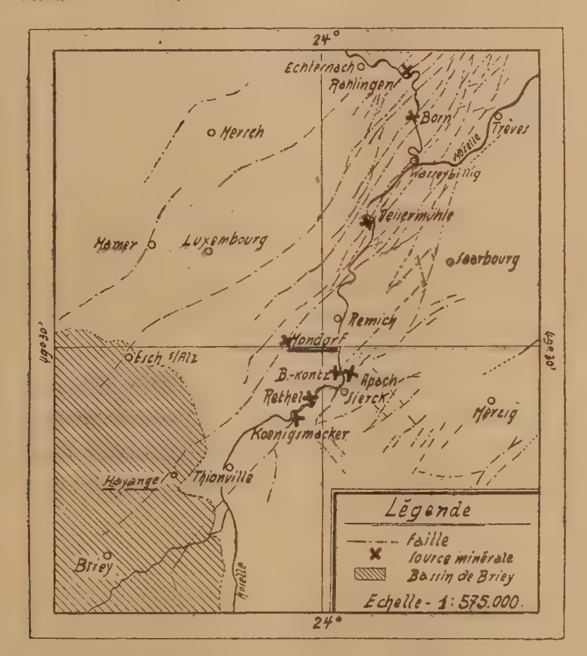
(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 736.

(3) *Ibid.*, p. 990.

(4) *Ibid.*, p. 1172.

précipitation de 6g,7, soit au total 15g,7 de dépôt ferrugineux par mètre cube, correspondant, pour les seules sources de Mondorf, à un dépôt annuel contenant 2600kg de fer. La composition de ce constituant essentiel des minerais est donnée dans la colonne *a* du tableau reproduit plus loin.

Dans l'interdépendance de ces conditions apparaît l'apport du fer réalisé par l'intermédiaire d'eaux ferrugineuses émergeant sous pression, par les failles du bassin toarcien, affaissé dans les marnes schisteuses qui en forment les côtes surélevées.



Une faune exubérante s'établit dans ces eaux tempérées et minéralisées. Les mollusques, les crinoïdes, les foraminifères fixent une partie des éléments calciques en solution, tandis que les poissons et autres vertébrés retiennent et accumulent les phosphates. De cette façon les organismes finissent par incorporer au limon ferrugineux l'intégralité de l'acide phosphorique et la partie prépondérante de la chaux. Ce mélange calcaro-ferrugineux phosphaté de formation et de composition assez constantes est dilué, au cours de sa formation, dans des proportions variables par les marnes des côtes fortement surélevées. La dénudation de ces côtes, plus ou moins intense suivant le régime des eaux superficielles et des mouve-

ments tectoniques de l'époque, fournit l'alumine intégralement et la silice en partie.

La composition des constituants intervenant de cette façon dans la formation du mélange originel des minerais s'établit comme suit pour le bassin d'Esch :

	Limón ferrugineux *a.*	Marnes *b.*	Mollusques *c.*	Poissons *d.*	Couche verte *e.*
SiO^2	6,52	51,46	0,42	0,07	14,30
Fe^2O^3	76,94	4,42	0,23	0,16	24,18
FeO	0,23	–	–	–	18,50
Al^2O^3	–	22,74	0,07	0,47	4,60
CaO	3,42	0,81	52,06	6,79	12,30
P^2O^5	0,04	traces	0,15	6,83	1,40
Matières volat.	11,58	14,34	46,43	84,55	0,19

De ces données qui toutes ont été rapportées à la matière sèche on peut déduire, à titre d'exemple, que la couche verte d'Esch a été approximativement constituée par un mélange de 71,8 parties du dépôt ferrugineux des eaux, de 24,5 parties de marnes, de 23 parties de mollusques et de 25 parties de poissons et d'autres vertébrés.

Mais, d'une façon plus générale, la reconstitution du mélange originel permet de reconnaître l'ampleur des phénomènes métamorphiques, s'étendant du premier effet d'une putréfaction réductive aux dernières réactions secondaires d'une décomposition oxydante au cours de laquelle l'oolithe colloïdal s'est formé.

GÉOLOGIE. — *La série schisto-calcaire du Soudan; son conglomérat de base et sa position stratigraphique par rapport aux séries antérieures.* Note de M. **Raymond Furon**, présentée par M. L. Cayeux.

J'ai déjà insisté sur la présence d'une série schisteuse individualisée dans le grand complexe des grès horizontaux siluro-dévoniens. Je lui donnerai le nom de série schisto-calcaire pour bien la différencier des schistes redressés et parce qu'elle comporte des bancs calcaires.

Constitution lithologique. — La série schisto-calcaire du Soudan occidental comprend des schistes, des phtanites amygdaloïdes et des phtanites à Radiolaires, des roches siliceuses à Radiolaires, des jaspes, des schistes gréseux, des calcaires cristallins et des calcaires dolomitiques.

L'aspect primitif de la plupart de ces roches a été modifié par des venues doléritiques.

Position stratigraphique par rapport aux séries antérieures. — Dans une Note récente [1], j'ai comparé cette série aux sédiments analogues de Mauritanie, de Guinée et de Gold Coast. J'ai émis cette hypothèse qu'elle est en partie dévonienne; elle peut comprendre un terme inférieur. Je vais préciser ici sa position par rapport aux séries antérieures. Elle repose tantôt sur le substratum précambrien, tantôt sur les grès inférieurs.

a. Sur le substratum précambrien. — Dans le massif du Guidimaka, au nord-ouest de Kayes, M. Lenoble [2] a observé les schistes directement sur le substratum ancien représenté par des schistes cristallins, des granites écrasés et les schistes et quartzites redressés. Plus à l'Ouest, dans le Cercle de Bafoulabé, ils reposent en discordance sur des calcaires redressés.

Dans le Nord (Cercle de Néma), les seules roches étrangères à la série schisteuse, que j'aie vues, sont des granites écrasés. Les contacts sont masqués par les alluvions et les sables.

b. Sur les grès inférieurs. — Dans la vallée du Sénégal, la série schisto-calcaire est parfois supérieure aux grès; aux environs de Nioro, elle repose sur des grès à ripple-marks.

Dans le sud du Kaarta et dans le Fouladougou, au nord et au sud du Baoulé, j'ai découvert le conglomérat de base de la série schisto-calcaire. Depuis le village de Faréna jusqu'à la vallée du Sibindikélé, soit sur 40^{km}, en discordance légère sur des grès-quartzites à Faréna et sur les grès horizontaux partout ailleurs, j'ai pu suivre ce conglomérat, puissant d'une dizaine de mètres.

C'est un grès dur, de teinte foncée, un peu métamorphisé par les venues doléritiques postérieures; il est essentiellement composé de grains de quartz, de micas altérés, de feldspaths et d'un peu de calcite. Il contient de nombreux galets, dont la taille peut atteindre 10^{cm}. Ces galets roulés sont de nature très variée : grès, grès-quartzite, schiste, quartz, calcaire cristallin, gneiss et granite écrasé. Les grès et grès-quartzites constituent le substratum habituel de la région. Le quartz, les schistes, les gneiss et les granites appartiennent au socle précambrien, actuellement inconnu à

---

(1) R. Furon, *De l'extension du Dévonien marin en Afrique occidentale* (*Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 996).

(2) A. Lenoble, *Etude géologique des Cercles de Kayes et de Bafoulabé* (*Bull. du Com. d'Ét. hist. et scient. de l'A. O. F.*, **10**, 1926, p. 554).

moins de 200km. Les calcaires cristallins sont connus dans le Cercle de Bafoulabé à une centaine de kilomètres. Ces observations nous amènent à penser que le substratum précambrien n'est pas loin, dans des régions encore inexplorées, comme la boucle du Baoulé par exemple. De plus, la présence de galets de calcaire cristallin rappelle la position redressée des calcaires cristallins du Cercle de Bafoulabé.

Conclusions. — 1° La série schisto-calcaire du Soudan repose tantôt sur le substratum précambrien redressé, tantôt sur les grès inférieurs horizontaux.

2° Les galets exotiques du conglomérat de base découvert dans le Kaarta et le Fouladougou indiquent une transgression marine et témoignent du voisinage relatif du substratum précambrien.

3° La présence de galets de calcaires cristallins permet de distinguer des calcaires anciens appartenant probablement à la série des schistes et quartzites redressés.

GÉOLOGIE. — *Sur l'existence de phénomènes de charriages dans la zone de gneiss de Sainte-Marie-aux-Mines (Alsace).* Note de M. N. **Arabu**, présentée par M. L. Cayeux.

Des recherches commencées il y a plusieurs années dans les Vosges cristallines, entre le Strengbach et la Liépvrette, m'ont amené à la découverte de preuves indiscutables de charriages.

La région est faite de *gneiss* divers (gneiss à biotite, à sillimanite, à cordiérite, etc., avec des intercalations de *calcaires cristallins* et d'*amphibolites*), qui alternent avec des granites, également très variés. L'ensemble supportant des lambeaux de Houiller, de Permien et de Grès vosgien, appartenant au champ de fractures interne du Haut Kœnigsbourg [N. Arabu, *Sur la tectonique du champ de fractures du Haut Kœnigsbourg* (*Comptes rendus somm. Soc. géol. de France*, 1927, p. 115 et fig.)], est poussé vers le Sud sur le granite porphyroïde. Les granites sont très développés et se laissent répartir, d'après leurs relations mutuelles et avec les gneiss, en deux séries : il y a une *venue ancienne*, très écrasée, rubéfiée, souvent mylonitisée, à laquelle s'oppose une série plus récente, plus variée, souvent caractérisée par la présence de la muscovite (*granite de la Verrerie, de Dambach, du Brézouard, de Bilstein, de Lièpvre*, etc.) et aussi un *granite porphyroïde à biotite*, semblable au granite rubéfié, mais de teinte grise et d'un aspect frais. Tous ces

granites de deuxième venue traversent le granite ancien et s'insinuent, dans les gneiss, sous forme de filons-couches de toutes les dimensions.

Ces faits dénotent vraisemblablement une très longue histoire, que la tectonique de l'ensemble est susceptible d'aider à déchiffrer.

Sur le bord méridional, les gneiss sont chassés sur le granite; le contact est marqué par des gneiss œillés et aussi par une mylonite gneissique, doublée d'une mylonite granitique d'un gris bleuâtre, atteignant ensemble, par endroits, plusieurs mètres d'importance. Le phénomène est particulièrement visible le long de la chaussée, récemment élargie, entre les deux hôtels du Schænzel et du Ht. Kœnigsbourg; il prend ici l'aspect d'une nappe de charriage qui est précédée par un lambeau de recouvrement, posé sur le granite. Ici le charriage est indiscutable et se laisse suivre sur plusieurs kilomètres vers l'Est jusqu'à Orschwiller, situé sur la faille vosgienne. Sur d'autres points, des mylonites sont moins développées; mais elles sont très fréquentes et, dans plusieurs endroits, elles sont accompagnées de *micaschistes à deux micas;* ces roches prennent ainsi une signification tectonique et permettent de suivre ces mouvements dans les gneiss de l'Ouest. On ne peut donc parler toujours de charriages, les unités ainsi délimitées sont le plus souvent des *écailles* se chevauchant vers le Sud; on en compte quatre, peut-être cinq, dans le bassin de Sarrebach et près du Schaenzel, où le grand développement des mylonites paraît marquer le front charrié de l'ensemble, celui-ci se montre poussé sur une nouvelle écaille gneissique, chevauchant à son tour le granite rubéfié, consolidé par des venues plus récentes, qui affleure sous la forêt de Thannenkirch. C'est à ce mouvement vers le Sud qu'est due, en grande partie, la zone de mylonites de couleur foncée, près de la Liépvrette, que j'ai suivie vers l'Est, également jusqu'à la grande faille, près Kintzheim. Mais son établissement a été achevé par des mouvements vers le Nord, qui semblent postérieurs. Le fait est visible aux environs de Lièpvre; au sud du village, les mylonites noires sont poussées vers le Sud, tandis qu'au Nord, vers Rombach-le-Franc, les plongements vers le Nord sont recoupés par des surfaces de chevauchement, inclinées vers le Sud. Ce mouvement vers le Nord est plus fréquent dans la *zone des gneiss d'Urbeis* et prédomine à son contact, décrit par J. Jung, avec les schistes de Villé [J. Jung, *Contribution à l'étude des Vosges hercyniennes* (*Mém. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine*, Strasbourg, 1928, p. 376 et suiv., et fig. 14)].

Cette observation permet un départ entre les nombreux granites de la région. En effet, la mylonite de Saint-Hippolyte est granitisée; on observe

bien, sur son fond bleuâtre, l'apparition de plages de nouveaux cristaux de feldspath. On doit donc se demander sur quoi reposait-elle avant la granitisation. L'idée la plus simple est que le granite porphyroïde existait déjà et qu'il a été reconsolidé par une nouvelle venue.

Dans l'ensemble, il y a trois grandes catégories de faits : d'abord, la *gneissification ;* ensuite, *la mise en place du granite porphyroïde ancien*, qui se trouve sur plus d'un point entraîné à la base des écailles; enfin, *la cémentation* de ce dernier par les autres granites, et *la granitisation des mylonites.* Il est admis que les gneiss sont précambriens. Il paraît, d'autre part, très vraisemblable de mettre au compte des *mouvements hercyniens* l'intrusion des granites à muscovite et du granite gris, qui peuvent être considérés comme les faciès locaux d'un même magma, malgré leur mise en place en plusieurs temps. Quant aux granites anciens et aux phénomènes de chevauchements et de charriages, qui ont pu être accentués plus tard, il est mieux d'admettre des mouvements plus anciens : en effet, les intrusions récentes, en même temps que la granitisation des mylonites, ont déterminé la résorption, sur de grandes épaisseurs, de l'ancien édifice d'écailles. On peut donc admettre des *mouvements calédoniens*, hypothèse appuyée par le fait que dans le bassin de la Bruche le Dévonien débute par des conglomérats à éléments de granite.

GÉOLOGIE. — *Observations sur la constitution de la montagne de Perrier, près d'Issoire (Puy-de-Dôme).* Note [1] de MM. **Louis Dangeard** et **Pierre Bout**, présentée par M. Ch. Jacob.

A quelques kilomètres à l'Ouest d'Issoire, au bord de la Couze, qui descend du Mont-Dore, s'élève la montagne de Perrier, célèbre par la présence d'une riche faune pliocène et d'un conglomérat dont le mode de dépôt a été très discuté.

L'intérêt de cette région est loin d'être épuisé. Tout récemment encore, M. Baulig [2] et M. Albert Michel-Lévy [3] apportaient une contribution importante à son étude.

---

(1) Séance du 27 juin 1932.

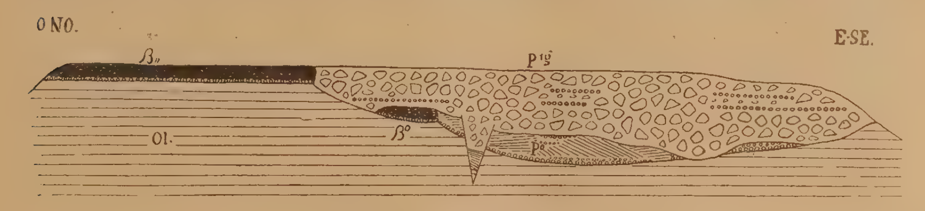
(2) H. Baulig, *Le Plateau Central de la France. Étude morphologique.* Paris, Armand Colin, 1928.

(3) Albert Michel-Lévy, *Sur les conditions de dépôt des conglomérats de Perrier (Puy-de-Dôme)* (*Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1042).

Des observations, appuyées sur le levé d'une carte détaillée et sur de nombreuses mesures altimétriques, nous permettent de préciser certains traits de l'histoire géologique du plateau.

Tout d'abord, la coupe nouvelle ci-dessous appelle les principales remarques suivantes :

1° A l'Est-Sud-Est, l'Oligocène du substratum dessine un flanc de vallée; 2° Le pliocène fluviatile (p^0) présente des variations de faciès intéressantes : les cinérites et argiles bien litées du ravin de la Grand'Combe passent à l'Est, par un contact latéral



Coupe du plateau de Perrier.
Ol, oligocène. — β_2, basalte supérieur reposant sur les sables à chailles. — β^0, basalte inférieur zéolites. — p^0, pliocène fluviatile. — $p'g$, conglomérat supérieur. — Hauteurs multipliées par 3.

assez brusque, à des sables et graviers ponceux. Dans l'épaisseur de ces sables s'observent des lentilles de galets qui décèlent l'existence de courants de direction Nord-Est; 3° La faille des auteurs [MICHEL-LÉVY et MUNIER-CHALMAS, *Étude sur les environs d'Issoire* (*Bull. Soc. géol: Fr.*, 4e série, 17, 1889)] n'a, selon nous, qu'une importance locale et correspond à un paquet d'Oligocène et de Pliocène effondré à la lisière du plateau; 4° Le creusement maximum s'est produit un peu à l'Est de ce point; 5° Le conglomérat (p^{1g}) ravine profondément les autres couches, d·blaie par endroits la totalité du p^0 et entame même l'Oligocène; 6° Les cordons de galets supérieurs, figurés par Munier-Chalmas et Michel-Lévy sur leur coupe, n'intéressent que le bord Sud du plateau et sont donc orientés comme la Couze actuelle.

Si maintenant, en tenant compte des données anciennes et nouvelles, nous cherchons à retracer l'histoire géologique du plateau, nous pouvons rapidement dégager les faits suivants.

Le basalte supérieur reposant sur les Sables à chailles occupe l'emplacement d'une ancienne vallée dirigée SO-NE. Le creusement postérieur s'est effectué latéralement; il s'est heurté en aval à un massif granitique résistant; en amont, au contraire, il a déblayé facilement l'Oligocène et abouti à un surcreusement qui explique en partie l'épaisseur atteinte par les formations pliocènes du remblaiement. A un premier stade de creusement s'épanche le basalte inférieur dont nous avons retrouvé une longue traînée de blocs dans la petite vallée de Boissac. Le creusement continue

ensuite latéralement jusqu'à la cote 460. Puis le remblaiement commence : 1° avec le p^0, sous forme de galets, graviers, sables, ponces, cendres acides, qui se déposent, suivant leur densité, dans les zones de calme ou de courants qui occupent le cours inférieur de la Couze pliocène surcreusée; 2° avec le p^{1g}, sous forme de coulées boueuses d'origine volcanique descendues du Mont-Dore en entraînant des blocs de roches diverses. Avant la fin du remblaiement se place un changement hydrographique important : la Couze pliocène, abandonnant son cours inférieur partiellement comblé, rejoint l'Allier à l'Est au lieu d'obliquer au Nord-Est. L'érosion quaternaire a modelé le plateau tel que nous le connaissons aujourd'hui. La Couze a définitivement creusé son lit Ouest-Est. L'Allier a mordu dans la paroi Sud-Est de l'ancien thalweg. Le ruisseau de Boissac a partiellement dégagé de sa couverture pliocène l'autre paroi.

GÉOLOGIE. — *Sur le Stéphanien des Ida ou Zal (Maroc occidental).* Note [1] de M. **L. Clariond**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le Stéphanien affleure sur le versant Sud du Haut-Atlas, au Nord de la route d'Agadir à Taroudant, dans la région dite des Ida ou Zal (Feuille d'Ameskhoud Ouest au $1/200000^e$).

Il s'agit d'un bassin se développant sur 18^{km}, de l'Est vers l'Ouest, entre les massifs primaires des Ida ou Toursat et des Ida ou Merouane. Au Nord, il est limité par la Faille d'Agadir ou Anzizen qui prolongerait l'Anticlinal du Lgouz; au Sud, il disparaît sous les alluvions du Souss.

Il a été sommairement décrit par Ed. Roch [*Études géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental* (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*. Rabat, 1930)]. Les études de détail récentes de M. Galhausen et de l'auteur, complétées par les travaux que, sur les indications de ce dernier, MM. Charrette et Gouskov ont exécutés, montrent la complexité de la région au triple point de vue lithologique, sédimentaire et tectonique.

1° *Du point de vue lithologique.* — L'ensemble des couches est certainement d'âge stéphanien, d'après une flore abondante qu'étudie actuellement M. Paul Bertrand. Il comprend trois termes :

---

(1) Séance du 27 juin 1932.

a. Un houiller de base (H_1), constitué par des grès et des conglomérats rouges, absolument identiques au Permo-Trias des géologues marocains.

b. Un houiller moyen (H_2), comportant des grès vert clair ou gris, avec intercalations de gros bancs de conglomérats.

c. Un houiller supérieur (H_3), représenté uniquement par des grès gris et des schistes noirs, très micacés vers la base, plus gréseux vers le sommet.

L'ensemble est couronné par des conglomérats blancs formant la base du Permo-Trias. Cette zone de passage, observable dans la vallée de l'Oued Aït Moussi en aval de Tirkou, n'existe dans les Ida ou Zal que dans la partie Ouest du bassin vers Tikhibit.

2° *Du point de vue sédimentaire.* — La puissance des séries est variable. Le houiller de base (H_1) comporte sa plus grande épaisseur, soit 500^m environ, à l'Est de Tizi Malou; il diminue rapidement et disparaît même à l'Ouest vers le centre du bassin. La même irrégularité est observable pour les étages H_2 et H_3. L'épaisseur maxima de H_2 passerait sur le méridien du Tizi Malou et celle du H_3, à hauteur de l'oued Tamda, où elle atteint près de 800^m. *L'empilement des assises se présente ainsi, de l'Est vers l'Ouest, avec des amandes allongées remplissant une fosse profonde dont les pentes doivent être raides.*

Les variations d'épaisseur paraissent dues à quatre causes, dont nous ne pouvons préciser ici les effets isolés. Ce sont :

a. Le dépôt irrégulier sur un fond paléozoïque non encore parfaitement pénéplainisé;

b. L'affaissement progressif de ce fond, tendant à la création d'une cuvette;

c. Le laminage des assises par des efforts tectoniques;

d. Enfin, suivant une hypothèse suggérée par Ed. Roch, l'emboîtement d'aires d'épandages, analogues à celles que déposent les oueds sahariens actuels.

3° *Du point de vue tectonique.* — Du Nord au Sud, le Stéphanien constitue dans l'ensemble une aire anticlinale déversée au Sud, dans l'axe de laquelle apparaissent, à l'Est d'El Mnizla, des grès, des calcaires et des quartzites, où M. Pierre Pruvost a identifié le Gothlandien supérieur avec des fossiles comparés à *Orthis Edgelli* et à *Orbiculoidea Verneuili*. Le flanc Nord, quoique affecté d'ondulations de détail, est de style calme. Mais le flanc Sud, redressé à la verticale ou même renversé, est extrêmement complexe. L'ensemble des faits permet de penser que ce flanc a été laminé par le jeu des mouvements post-oligocènes qui ont affaissé la zone subaltasique de l'Atlas méridional. L'accident de bordure que figure M. Moret dans ses schémas tectoniques [L. Moret, *Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech* (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*. Rabat, 1931)].

limiteraient ainsi le Stéphanien. Cet accident passe en fait à 1^{km} environ au Sud d'El Mnizla; il a été recoupé par des travaux de recherches exécutés par la Société des Mines de Tirkou.

GÉOLOGIE. — *Interprétation de la série stratigraphique de la région d'Entifa et des Beni Ayatt (Maroc central) et hypothèse concernant d'autres régions marocaines.* Note [1] de M. **Édouard Roch**, présentée par M. Ch. Jacob.

La série stratigraphique de la région d'Entifa et des Beni Ayat, décrite récemment [2], comprend le Trias, le Lias, le Dogger et peut-être le Jurassique supérieur *pro parte*, recouverts en transgression par un Crétacé moyen néritique.

Il s'agit, dans l'ensemble, d'une superposition de niveaux rutilants, à gypse, à sels, avec lits marneux riches en empreintes végétales et en coulées intercalées de basalte doléritique. Ces niveaux sont au nombre de trois : le premier triasique, le second postpliensbachien; le dernier repose sur le Dogger. Ils sont séparés les uns des autres par des couches nettement marines, néritiques, à Brachiopodes.

Sans nul doute, on a affaire à un complexe laguno-continental, limitant le bord oriental du Massif ancien émergé du Maroc au début de l'époque secondaire [3]. Les dépôts de la mer libre sont bien connus plus à l'Est, dans le Haut-Atlas oriental et le Moyen-Atlas. Il est légitime de supposer que chacun des niveaux lagunaires passe latéralement à des couches nettement marines. De fait, M. E.-F. Gauthier [4] en a signalé dans la région d'Ouaouizert; M. J. Bourcart [5], dans celle de Beni Mellal.

La série stratigraphique décrite dans les Entifa présente de remarquables

---

(1) Séance du 27 juin 1932.

(2) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2151.

(3) E. Roch, *Études géologiques dans la région méridionale du Maroc occidental*, pl. XXV, carte 3 (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*, Rabat, 1930).

(4) E.-F. Gauthier et J. Savornin, *Les couches rouges d'Ouaouizert* (*Maroc Central*) (*Comptes rendus*, 180, 1925, p. 12 et 1218).

(5) J. Bourcart, *Quelques données sur le problème de la limite entre le Haut-Atlas et le Moyen-Atlas marocain* (*Comptes rendus*, 193, 1931, p. 536).

analogies avec celle étudiée par M. L. Moret dans la région de Télouet [*Recherches géologiques dans l'Atlas de Marrakech*, p. 112-127, fig. 18 *bis*, et p. 234, fig. 38 (*Service des Mines et de la Carte géologique du Maroc*. Rabat, 1931)]. Cet auteur y interprète les caractères de la série jurassique comme fournissant une preuve de l'existence, à cette époque, d'un massif exondé dans le Haut-Atlas. Le complexe d'Entifa prolonge cette preuve dans une région qui fait suite à la première vers le Nord. Les observations de M. Bourcart étendent encore l'hypothèse.

Il devient alors possible de tracer, sur une carte du Maroc, les contours de la mer du Lias et du Jurassique moyen, en s'aidant de la présence des niveaux lagunaires.

Au delà de Kasbah Tadla, en direction du Nord, de semblables dépôts sont inconnus. Les affleurements de Cénomanien les plus orientaux, ceux des régions de Boujad et de Kasbah ben Ahmed, reposent directement sur le Primaire. Le rivage liasique devait donc passer plus à l'Est encore.

Franchissant le parallèle de Rabat, on arrive dans le R'arb. On n'y possède aucune donnée relative à la paléogéographie pendant le Lias et le Jurassique moyen. Les terrains de cette période n'affleurent nulle part et n'ont pas été rencontrés dans les sondages.

M. Daguin ([1]), pour des raisons d'ordre tectonique renforcées par l'examen des caractères microscopiques des *Grès du Zerhoun*, a été conduit à admettre l'existence d'un massif du R'arb émergé à certaines époques du Jurassique; ce massif aurait de plus joué le rôle de môle résistant lors des plissements rifains.

Il n'est pas impossible que le massif du R'arb ait été exondé pendant le Lias et le Dogger et, qu'à proximité de son rivage, se soient déposées des formations ressemblant à celles du Trias dans des conditions analogues à celles étudiées dans les Beni Ayatt. Au Maroc, on a toujours considéré comme triasique un complexe lagunaire comportant des marnes et des grès rouges rutilants, accompagnés de gypse, de sel et de produits volcaniques, mais n'ayant fourni aucun fossile jusqu'à ce jour. Ces éléments paraissaient suffire pour dater le terrain, en l'absence de tout reste organique. Nous venons de voir qu'il n'en est plus ainsi, maintenant que l'on sait que de pareils caractères se retrouvent identiques à d'autres niveaux de l'échelle

([1]) F. Daguin, *Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine* (*Maroc occidental*) (*Thèses Sc.* Paris, 1927, notamment page 365).

stratigraphique [1]; et, pour l'interprétation générale du R'arb, il ne sera peut-être pas inutile de penser à des variations latérales ayant provoqué des récurrences de faciès identiques à diverses périodes.

Allant plus loin, on peut se demander si des phénomènes sédimentaires analogues ne se seraient pas répétés durant les mêmes époques en bordure du continent saharien. Ce qui, jusqu'à présent, a été considéré comme d'âge triasique, pourrait alors être rajeuni, dans une part à vrai dire encore très difficile à déterminer. M. J. Barthoux l'a montré depuis longtemps en ce qui concerne la région de Bou-Denib. Nous confirmons ses observations, M. P. Fallot et moi, pour ce qui est de Ksar es Souk, dans la vallée de l'Oued Ziz. Rien n'empêche de supposer qu'il en a été de même tout le long de la limite méridionale des affleurements liasiques, limite mal connue dans le détail entre le méridien d'Oran et celui de Bougie, exception faite pour le Sud-Oranais occidental.

GÉOLOGIE. — *Les formes structurales de la Syrie et de la Palestine; leur origine.* Note [2] de M. **Louis Dubertret**, présentée par M. Ch. Jacob.

Les formes structurales de la Syrie et de la Palestine, décrites par M. Blanckenhorn, n'ont pas encore été interprétées dans leur ensemble.

Les massifs trapus et les dépressions de la Syrie et de la Palestine ont tantôt les caractères de dômes et de synclinaux, tantôt ceux de horsts et de fossés. Ils résultent de déformations du socle; et la couverture sédimentaire, passive, ne s'est plissée que secondairement. Les massifs et les grandes cassures suivent le littoral méditerranéen, mais le socle primitif se poursuivait au delà vers l'Ouest. L'ensemble des massifs et des tables faillés n'est qu'un reste d'une ancienne zone faible, comprise dans le socle primitif, qui, soumise à des tensions prolongées, a fini par se rompre. Les massifs ne peuvent donc être rattachés directement à l'orogénèse du géosynclinal taurique, ainsi que le font L. Kober et E. Krenkel. L. Kober assimile le Liban et l'Anti-Liban au Jura; le fossé du Jourdain, au fossé du Rhin; enfin la Palestine et la Transjordanie, à la Forêt Noire et aux Vosges. E. Krenkel

---

(1) La question du Trias et des « couches rouges » a été traitée par divers auteurs déjà et notamment par M. A. Beaugé (*Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e série, 24, 1924, p. 254).

(2) Séance du 27 juin 1932.

imagine une guirlande de plis allant de l'Egypte au Taurus, formant le bord externe d'un pays plissé, primitivement beaucoup plus large, maintenant ennoyé et se rattachant directement au géosynclinal taurique; cette guirlande aurait été dissociée ultérieurement par les cassures africaines. Par contre, les faits se rapprochent davantage des idées de Bayley Willis et de W. von Seidlitz. Bayley Willis montre que l'origine de la structure actuelle doit être cherchée dans des déformations de socle. W. von Seidlitz indique qu'une table devait séparer les massifs syriens des zones de plissement et qu'il y a eu glissement relatif de socles le long de la fosse du Jourdain (*Blattverschiebung*).

Mes conclusions, basées sur des observations détaillées et recueillies au cours d'une exploration qui dure déjà depuis cinq ans, m'ont amené à rechercher comment s'est disloqué l'ancien continent africain. Nous en connaissons trois fragments dans la Méditerranée orientale : le socle africain proprement dit, le socle de l'Arabie et le bloc du Sinaï, celui-ci limité à l'Ouest par la cassure du Canal de Suez, à l'Est par le Golfe d'Akaba, la Mer morte, le Jourdain, puis par une ligne se poursuivant au Nord vers Beyrouth. L'hypothèse d'une dérive des socles étant admise et les déplacements rapportés au socle de l'Arabie supposé fixe, la dislocation du continent primitif peut se ramener à : 1° un glissement du bloc du Sinaï de 160^{km} vers le Sud le long de sa bordure orientale; 2° une rotation du socle africain de 6°,4 dans le sens des aiguilles d'une montre, autour d'un centre situé dans la Mer ionienne.

Ces mouvements permettent d'expliquer les multiples formes structurales de la Syrie et de la Palestine. La rupture du continent primitif a été précédée de la formation de plis de fond SSW-NNE; le Massif alaouite avait pour prolongement le Mont Carmel, et le Liban les montagnes de Judée. La ligne Palmyre-Damas-Jéricho, sensiblement droite, marquait la bordure des régions hautes du socle. Puis la rupture se fit, selon une ligne N-S en Syrie septentrionale, puis NNE-SSW le long du Liban, puis à nouveau N-S de Beyrouth à Akaba. La Syrie du Nord fut dissociée par des cassures N-S, et les crêtes jurassiques du Massif alaouite surgirent, tandis que s'affaissait le fossé du Ghab. Dans la zone du Liban, le socle, s'opposant au déplacement N-S du bloc du Sinaï, fut comprimé, et forma deux vastes plis de fond juxtaposés : le Liban et l'Anti-Liban. Plus au Sud domine le glissement du bloc du Sinaï le long du socle de l'Arabie, juxtaposant la rive occidentale de la zone externe du socle primitif à la rive orientale d'une zone plus interne. Cette dissemblance a été remarquée déjà par Louis Lartet.

L'hypothèse proposée relative à la genèse de la Syrie et de la Palestine attribue donc celle-ci à un cisaillement du socle africain résultant des tensions développées entre l'Afrique ancienne et l'Eurasie. Elle coordonne les grandes lignes structurales et également une multitude de détails stratigraphiques et tectoniques ; mais on ne saurait actuellement lui attribuer une valeur trop absolue : elle est avant tout une indication pour les recherches nouvelles.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la valeur du champ électrique de l'atmosphère aux latitudes élevées.* Note de M. **Édouard Salles**, présentée par M. Brillouin.

Au cours de l'hivernage 1882-1883 au cap Thordsen (Spitzberg 78° lat. Nord), Andrée a exécuté des observations visuelles du champ électrique de l'atmosphère, de novembre 1882 à août 1883 inclus; chacune comportait deux lectures : la première effectuée six minutes avant, la seconde six minutes après celle des instruments magnétiques qui avait lieu à l'heure ronde. Les valeurs trouvées ont été considérées comme d'un grand poids, et Chauveau, dans son *Traité d'Électricité atmosphérique*, 2, p. 12 et 119, y attache beaucoup d'importance. Elles surprennent par leur faiblesse, la moyenne annuelle de 12 volts ne concorde pas avec celles publiées par d'autres observateurs.

Il est vrai qu'il s'agit de valeurs relatives, puisqu'aucune réduction au plan n'a été faite; le collecteur à eau, remarquablement installé, avait son orifice à $1^{m},87$ du mur de l'édifice et à $3^{m},33$ de hauteur, au-dessus du sol.

On trouve dans le *Traité d'Électricité atmosphérique* de Mathias (Mémoire Dongier, p. 67) les résultats suivants :

Simpson à Karasjosk (Laponie) :	Décembre	120 volts
»	Janvier	71 »
»	Février	207 »
Benndorf à Tomsk (12 jours) :	Février	145 »
Wegener au Groenland		80 »

Elster au Spitzberg (4 jours en août) a trouvé des nombres rappelant ceux que l'on obtient les jours normaux aux latitudes moyennes.

De son côté en 1927, Behounek, toujours au Spitzberg, a exécuté des mesures de champ deux fois par jour au moment des mesures d'ionisation

de l'air (27 avril au 13 mai), les valeurs oscillent entre 84 et 360 volts (200 mesures).

Dans l'hémisphère sud, 2758 heures d'observations ont donné à Rouch (île Petermann) une moyenne de 163 volts par mètre.

La faiblesse du champ constatée par Andrée devait être due à un isolement défectueux. En effet, après avoir minutieusement décrit l'installation du collecteur à eau, Andrée écrit, Tome II, p. 5 (¹) : « Le collecteur à eau était en communication avec l'électromètre qui se trouvait dans une autre partie de l'édifice, par le moyen d'un fil de cuivre de forte dimension muni d'une épaisse couche de caoutchouc, et constituant la continuation du fil soudé au collecteur. »

Si d'autre part on se rapporte à la planche où est reproduite l'installation, on constate que le conducteur s'élevait du collecteur à eau jusqu'au plafond sur lequel il semble bien avoir été appliqué.

Le caoutchouc ne pouvant être considéré comme un isolant suffisant dans ce genre de recherches, il devait se produire des fuites électriques importantes; les déviations de l'électromètre étaient bien plus faibles qu'elles ne l'auraient été si le fil avait été supporté par des isoloirs comme ceux dont était muni le collecteur.

Telle serait, je crois, la raison pour laquelle les mesures ont donné des valeurs aussi faibles.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Du rôle des phénomènes de propagation dans les enregistrements d'atmosphériques*. Note (²) de M. **R. Bureau**, présentée par M. Ch. Maurain.

Un enregistreur du nombre d'atmosphériques par minute, identique à ceux de Paris, fonctionne à Tunis depuis le 3 janvier 1932, un autre à Rabat depuis le 3 juin. Ils sont réglés sur des ondes de l'ordre de 30 kc/s, voisine de l'onde sur laquelle est accordé l'enregistreur de Paris (27,5 kc/s).

Les courbes présentent les mêmes caractères que celles de Paris : maximum d'après-midi et maximum de nuit séparés par un minimum aigu au coucher du soleil; chute brusque au lever du soleil. Le niveau général des

---

(¹) Expédition internationale polaire 1882-1883. Observations faites au cap Thordsen par l'Expédition suédoise.

(²) Séance du 27 juin 1932.

courbes dépend de la situation météorologique qui règne dans la région où se trouve l'enregistreur. Il s'élève très haut chaque fois que des perturbations météorologiques les traversent ou y séjournent. Le minimum du coucher du soleil s'y creuse d'autant moins profondément que la violence des atmosphériques est plus grande, ce qui s'explique si l'on admet que son niveau donne une approximation de l'importance des sources non affectées par la propagation, c'est-à-dire des sources locales ou régionales. Le minimum qui suit le lever du soleil et la chute qui l'accompagne sont beaucoup plus rarement masqués par les atmosphériques de proche origine (conséquence de la variation diurne des sources).

La comparaison des courbes d'Afrique et des courbes de Paris montre une similitude remarquable pour les heures de nuit communes aux enregistreurs. Ramenées à la même échelle, les courbes se superposent souvent alors dans la plupart des détails, témoignant ainsi et de l'absence presque totale de sources locales et de l'existence de sources communes et très éloignées affectant à la fois les enregistreurs. Or ce sont là les conditions les plus favorables à une étude de la propagation. La similitude cesse dès que le jour touche un des enregistreurs, l'arrivée du soleil s'opposant à celle des atmosphériques lointains. On observe alors une chute brutale coupée de brefs palliers et presque toujours suivie, après un très court minimum, d'un maximum secondaire à forme à peu près triangulaire et durant environ une heure. Ce dessin de la courbe, extrêmement caractéristique, se reproduit successivement dans les trois enregistreurs au fur et à mesure du lever du jour sur chacun d'eux.

Il est le fait des seuls phénomènes de propagation et mérite à ce titre d'être comparé aux mesures faites au lever du soleil sur les couches ionisées. E. V. Appleton [1] a publié un exemple de la variation de hauteur des couches à ce moment. La hauteur de la couche supérieure (couche F) subit une chute brusque coupée de paliers et suivie d'un maximum secondaire qui rappelle l'aspect quotidien des courbes d'atmosphériques. Comparée à la courbe d'atmosphériques du même jour à Paris, la courbe d'Appleton montre que les palliers, maxima et minima sont simultanés. Il est donc vraisemblable que la forme des courbes d'atmosphériques après le lever du soleil est commandée par les variations de hauteur des couches ionisées supérieures et que, jusqu'à un certain point, elle les représente. Il résulte aussi de ces considérations que la propagation nocturne à grande distance

---

[1] E. V. Appleton et G. Builder, *Proc. Phys. Soc.*, Part I, 44, 1932, p. 76.

des ondes d'environ 30 kc/s se fait par l'intermédiaire de la couche ionisée supérieure (couche F). Les formes de courbes relatives à des ondes plus longues (12 kc/s) ou plus courtes (90 kc/s) ne révèlent plus l'aspect régulier et caractéristique propre aux ondes de 30 kc/s, ce qui montre que la propagation sur ces ondes (12 et 90 kc/s) ne dépend pas uniquement, ni même en majeure part, des propriétés de la couche F. L'enregistrement des atmosphériques sur 30 kc/s est donc spécialement apte à fournir des renseignements réguliers sur l'état électrique et sur les variations d'altitude de la couche F.

J'ai cherché à voir s'il pouvait tout d'abord donner des indications sur leur répartition géographique et j'ai comparé à cet effet les chutes matinales des courbes de Tunis et de Paris. J'ai relevé un certain nombre de cas où, à un décalage d'heure près, les portions des courbes de Tunis et de Paris après le lever du soleil étaient superposables, ce qui laisse penser que les couches ionisées se comportent parfois de même, le même jour, à des milliers de kilomètres de distance et que leurs variations d'altitude se propagent avec l'aurore sans se modifier sensiblement.

L'action des phénomènes de propagation ne se limite pas aux phénomènes du lever et du coucher du soleil. Voici un autre cas où ils agissent : certains météores (grains, averses orageuses) s'inscrivent sur les courbes en les rehaussant très fortement d'abord, puis en les creusant profondément pendant quelques minutes. Ce phénomène, assez rare à Paris, semble plus fréquent à Tunis. Il révèle une action du météore sur la propagation des ondes provenant d'atmosphériques lointains, comme on peut d'ailleurs le vérifier par l'écoute d'émissions lointaines.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Intensité du rayonnement cosmique à* 16000^{m} *d'altitude*. Note [1] de MM. **A. Piccard**, **E. Stahel** et **P. Kipfer**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'ascension du 27 mai 1931 du ballon libre F. N. R. S. visait principalement l'étude du rayonnement cosmique dans les couches élevées de l'atmosphère.

Nous avons employé deux méthodes de mesure : la chambre d'ionisation et le compteur Geiger-Müller.

---

[1] Séance du 27 juin 1932.

La chambre d'ionisation, d'un volume utile de 3¹,35 (remplie de CO^2 à 7^{atm}), avec électromètre Lindemann, a donné, entre 15500 et 16000^m d'altitude, une ionisation moyenne de 1550 paires d'ions par cm^3/sec. Afin de ramener ce nombre à l'ionisation de l'air normal, nous avons utilisé les coefficients établis par Hess et d'autres, ce qui nous a amenés à une constante de réduction de 7,7. L'ionisation résiduelle (radioactivité propre de la chambre) a été déterminée dans les laboratoires de M. Hess à Innsbruck (574^m) et au Hafelekar (2300^m). Elle est de 32 paires d'ions par cm^3/sec. On trouve donc une ionisation I = 1150-32/7,7 = 197 *paires d'ions par cm^3/sec* pour l'air normal. Cette valeur se place bien sur la prolongation de la courbe donnant, d'après Kolhörster, l'ionisation jusqu'à 9300^m; à cette dernière altitude, Kolhörster avait trouvé environ 85 paires d'ions.

La sensibilité des appareils de mesure était largement suffisante, mais l'humidité croissante dans la cabine ayant gêné les mesures électrostatiques, nous ne pouvons pas indiquer de limite de précision pour ce chiffre. La publication dans les quotidiens, peu de temps après l'ascension, d'une valeur de I beaucoup plus petite reposait sur une erreur qui a été éclaircie depuis (résistance d'un voltmètre court-circuitée).

Le *compteur Geiger-Müller* employé avait les dimensions suivantes : longueur 25^{mm}, diamètre 6^{mm}, diamètre du fil oxydé $0^{mm},3$; la tension appliquée, environ 1300 volts, était fournie par une batterie de piles Wifan. Les décharges ont été observées au moyen d'un électromètre à fil (4μ Pt, 10^{mm} de longueur) et enregistrées photographiquement sur film mouvant. Nous avons obtenu 70 décharges par minute (moyenne de 1660 déviations comptées). Les décharges résiduelles étaient d'environ 10 par minute. Les rayons gamma de 2^{mg} de radium, placés à 200^{cm} de distance, donnaient 24 décharges par minute. D'autre part un tel rayonnement gamma produit dans une chambre de Kolhörster environ 250 paires d'ions par cm^3/sec.

Ces chiffres montrent que le compteur accuse également une très forte augmentation du rayonnement cosmique à 16000^m. Une bonne interprétation des résultats ne sera cependant possible que quand on aura effectué d'autres mesures dans des altitudes intermédiaires.

Nous sommes actuellement en train d'équiper le F. N. R. S. pour une nouvelle ascension et nous espérons pouvoir obtenir des résultats plus précis et plus complets.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques caractères de sexualisation cytoplasmique chez les Algues et les Champignons.* Note de M. **Ph. Joyet-Lavergne**, transmise par M. d'Arsonval.

De recherches en cours sur les Algues se dégagent quelques résultats qu'il nous paraît intéressant de signaler avant d'attendre une étude plus complète. Ces résultats sont en effet suffisants pour montrer l'existence, dans le groupe des Algues isogames, d'une sexualisation cytoplasmique analogue à celle que nous avons décrite dans d'autres organismes. Ils apportent ainsi une justification à l'orientation nouvelle de recherches que nous avons proposée.

Nos recherches ont porté sur une Algue du genre *Zygogonium* (*Z. pectinatum*) (1). M. Chadefaud a bien voulu nous procurer ce matériel, dont il a fait la détermination.

L'étude des filaments de *Zygogonium*, en période de conjugaison, par la méthode de coloration aux leucodérivés, donne les résultats suivants : Le réactif utilisé s'oxyde dans la cellule et l'apparition de la couleur, indice de l'oxydation, se réalise, tout d'abord, au niveau de granules ou de courtes baguettes du cytoplasme. D'après ce que nous avons décrit, dans des types cellulaires très divers, sur le pouvoir oxydant du chondriome, nous pensons que les éléments à la surface desquels apparaît le début de l'oxydation sont les constituants du chondriome. Toutefois, notre étude sur le cytoplasme de *Zygogonium* n'est pas encore assez complète pour que nous puissions affirmer qu'il y a une analogie parfaite entre les figures données par la distribution de ces granules oxydants du cytoplasme et la topographie du chondriome révélée par les méthodes classiques. Si, comme cela est probable, cette analogie était établie, par une étude plus complète, elle montrerait l'existence, dans l'espèce étudiée, d'une sexualisation du chondriome analogue à celle que nous avons décrite chez les Sporozoaires. En effet, lorsque deux gamètes sont rapprochés pour la fécondation, l'un est plus riche que l'autre en granules oxydants.

Nous pouvons être plus affirmatif en ce qui concerne un autre caractère de sexualisation dont la portée est plus générale.

---

(1) Pour se conformer à la nomenclature moderne, il conviendrait, d'après M. Chadefaud, de donner à cette espèce le nom de *Zygnema pectinatum* (Vaucher) Ag.

Lorsque deux gamètes sont en contact, pour la fécondation, leur comportement vis-à-vis du réactif oxydable n'est pas le même. L'un des deux gamètes a un pouvoir oxydant supérieur à celui de l'autre. Rapprochons ce résultat de l'énoncé de la première loi de sexualisation : « La valeur du pouvoir d'oxydation intracellulaire est un caractère de sexualisation du cytoplasme : dans une espèce, les cellules polarisées dans le sens femelle ont un pouvoir d'oxydation inférieur à celui des cellules polarisées dans le sens mâle. » Nous pouvons conclure que la sexualisation cytoplasmique existe chez les Algues isogames. Le gamète qui a le pouvoir oxydant le plus élevé est le gamète mâle.

Ce caractère de sexualisation, portant sur le pouvoir oxydant du cytoplasme, existe, déjà, dans les gamètes des filaments, avant la période où ces gamètes se trouvent en contact pour la conjugaison. Il est même antérieur à la différenciation morphologique des gamètes. Deux filaments parallèles assez rapprochés l'un de l'autre, en vue d'une future conjugaison, ont des cellules végétatives qui se trouvent déjà polarisées sexuellement au point de vue physico-chimique. Nous considérons, d'après la première loi de sexualisation, que le filament dont les cellules ont un cytoplasme à pouvoir oxydant plus élevé est le filament mâle.

La polarisation sexuelle porte sur l'élément cellulaire. Si presque toutes es cellules d'un filament se trouvent orientées vers le même sexe par leurs caractères physico-chimiques, il y a parfois, dans un filament de sexe ainsi déterminé, quelques cellules qui, par leur pouvoir d'oxydation, se trouvent polarisées vers l'autre sexe. Cette constatation doit être rapprochée de la possibilité d'une fécondation entre deux cellules d'un même filament.

La polarisation sexuelle se manifestant par l'existence d'un caractère physico-chimique différentiel entre deux filaments, il est possible de concevoir, en accord avec ces faits, l'existence de la sexualité relative chez les Algues.

Conclusions. — La sexualité cytoplasmique existe chez les Algues isogames. Elle se manifeste par l'apparition de différences sexuelles physico-chimiques en accord avec la première loi de sexualisation. Ces qualités physico-chimiques sont des caractères primitifs de la sexualité. Elles sont antérieures à la différenciation morphologique des gamètes.

Les résultats de nos recherches sur les Champignons montrent également que la première loi de sexualisation se vérifie dans l'espèce *Pythium de Baryanum*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la composition chimique de la Petite Pervenche* (Vinca minor *L.*). Note de M. **Fr. Rutishauser**, transmise par M. Marcel Delépine.

La Petite Pervenche, *Vinca minor* L., qui fut une sorte de panacée au Moyen Age et si vantée par Mme de Sévigné, n'est plus, à l'heure actuelle, qu'un remède populaire assez rarement employé.

Les connaissances sur sa composition chimique sont très réduites et sans grande valeur scientifique. Toutefois, il était permis de supposer qu'en tant qu'Apocynée elle pouvait contenir quelque substance intéressante au point de vue pharmacologique, et c'est pourquoi, sur les conseils de M. le prof. Em. Perrot, nous en avons entrepris l'étude, dont voici les premiers résultats :

Les profondes modifications que la dessiccation apporte dans la composition des plantes, par suite des actions diastasiques qui suivent le déséquilibre que produit la mort, ont conduit à employer pour ces recherches l'intrait de cette plante, préparé, sur notre désir, par les établissements Dausse, selon la méthode de stabilisation des plantes fraîches, préconisée par MM. Perrot et Goris.

Cette forme extractive spéciale se présente sous forme d'une masse brun clair, amère, astringente et fortement hygroscopique. Cette hygroscopie s'explique par le fait qu'on se trouve en présence des corps complexes dans l'état où ils existent dans la plante fraîche, dissous dans le suc cellulaire. Il est évident que cette eau ne joue pas seulement le rôle de simple solvant, mais entre en quelque sorte dans la composition moléculaire. Une certaine quantité d'intrait a été placée dans l'étuve à 60° pendant 27 jours; on constate au cours de cette période que l'intrait se gonfle et perd environ 6 à 7 pour 100 d'eau; il se transforme en une masse brun foncé, qui *n'est plus hygroscopique* mais qui, contrairement à l'intrait primitif, n'est plus entièrement soluble dans l'eau.

A l'analyse, cet intrait accuse 12,5 pour 100 de matières minérales, surtout composées de sels de calcium, et la solution est franchement acide.

D'après les quelques indications fournies par une bibliographie très restreinte, la Petite Pervenche contient des tanins. L'expérience prouve que le perchlorure de fer provoque, en effet, une coloration vert noirâtre très intense; par contre, ni la gélatine, ni la solution d'émétique ne donnent

lieu à aucun précipité. De plus, un essai pratiqué à l'aide de poudre de peau, selon la méthode standard, démontre que la peau n'absorbe absolument rien, d'où la conclusion que la Petite Pervenche ne renferme aucune matière tannante.

Il convient donc, d'accord avec les idées de MM. Perrot et Goris émises en 1909 (1), de désigner ces corps, qui se trouvent probablement dans la plante fraîche à un état préliminaire, sous le nom des « tanoïdes », et nous avons cherché à les séparer et les identifier.

Après plusieurs essais infructueux, notamment par l'emploi d'acétate de cuivre et de zinc, nous avons eu recours à la solution d'acétate neutre de plomb à 20 pour 100. Le précipité, de couleur brun marron, lavé, dispersé dans l'eau dans laquelle il est peu soluble, est débarrassé de plomb par l'hydrogène sulfuré : ce dernier est chassé par évaporation au bain-marie et la liqueur concentrée à un faible volume. En augmentant progressivement le titre alcoolique de la solution, on obtient une série de précipités successifs. Le premier, de couleur brun gris, contient 18 pour 100 de chaux ; la solution est peu acide et dépourvue de pouvoir rotatoire. Le second, qui est havane clair, contient 3,5 pour 100 de chaux ; sa solution est acide et sans rotation appréciable. Le troisième, jaune brun, ne laisse pas de cendres en quantité dosable : sa solution est acide et montre une rotation à gauche très nette et d'environ $-1°,1$. Le quatrième est jaune clair, hygroscopique, et sa solution acide possède une déviation polarimétrique de $-19°$; il ne contient pas de cendres. On constate ainsi que le *pouvoir rotatoire croît à mesure que la teneur en matière minérale diminue.*

Les quatre portions sont solubles dans l'eau et donnent les réactions des tanins protocatéchiques ; traitées pendant une heure au bain-marie avec de la lessive de potasse concentrée, elles donnent, après acidification et épuisement par l'éther, un résidu cristallisé qui fond à 194° et fournit les réactions de l'acide protocatéchique. Ces mêmes tanoïdes, soumis à l'hydrolyse acide, donnent un précipité phlobaphénique contenant très peu d'acide protocatéchique libre, et qui, après fusion avec la potasse, de même que par distillation à sec, donne de la pyrocatéchine.

Les trois dernières fractions mettent en liberté, par hydrolyse acide à chaud, et en quantité correspondant au pouvoir rotatoire, un sucre qui possède les réactions d'une cétose, qui est lévogyre et dont l'osazone cristallisée, sur laquelle nous nous proposons de revenir, est fusible à 202°.

---

(1) *Bull. Sc. Pharmacol.*, **16**, p. 189, Paris, 1909.

Outre ces tanoïdes, nous avons pu séparer de l'intrait, grâce au sel de plomb, un glucoside vrai, lévogyre, non cristallisable jusqu'alors, donnant une coloration violet pur avec le perchlorure de fer, précipitable par le sous-acétate de plomb en jaune clair.

L'hydrolyse acide à chaud met en liberté une aglycone, cristallisant dans l'éther, fusible à 202°, donnant les réactions de l'acide pyrocatéchine-monocarbonique et un sucre qui montre les mêmes caractéristiques que celui mentionné plus haut.

En résumé, il résulte de ces premières études que la Petite Pervenche (*Vinca minor* L.) renferme *plusieurs tanoïdes* présentant des relations communes avec l'acide protocatéchique et un *glucoside*, non encore obtenu cristallisé, se présentant sous forme de substance amorphe, amère, astringente, inodore, légèrement jaunâtre, et qui, desséché dans le vide, est stable sous forme de paillettes. Il existe dans l'intrait de Pervenche à la dose de 1 pour 100, ce qui correspond à $1^{g},70$ par kilogramme de plante fraîche ; nous proposons de lui donner le nom de *vincoside*.

ZOOLOGIE. — *Sur l'évolution de la génération issue des formes néoténiques de* Polystomum integerrimum *Froelich*. Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré [1], en répétant les expériences et les observations de Zeller [2], comment il était possible d'obtenir des Polystomes dont le développement est considérablement accéléré. J'ai pu depuis étudier la descendance de ces formes, que j'ai appelées provisoirement néoténiques ou encore progénétiques, étant donné l'état incomplet du développement de certains tissus ou organes au moment où elles se reproduisent. Là aussi mes observations préciseront et confirmeront celles de Zeller.

Les nombreux œufs pondus par les Polystomes néoténiques dans les cristallisoirs où vivaient les têtards parasités, ont donné une deuxième génération de larves. J'ai procédé alors à deux séries d'infestations : la première, du 20 avril au 3 mai, sur 110 têtards de *Rana temporaria* très jeunes, la deuxième du 3 au 13 mai sur 50 têtards plus agés. Dans les deux cas les

(1) *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1852.

(2) E. Zeller, *Weitere Beiträge zur Kenntniss des* Polystomum integerrimum (*Zeits. für wiss. Zool.*, 27, 1876, p. 238-375).

têtards ont été infestés et les larves fixées sur eux ont présenté un développement ralenti. J'ai classé en quatre groupes, suivant l'âge des têtards, les résultats de mes dissections :

Premier groupe. — Têtards possédant des branchies internes, des pattes postérieures petites, une simple ébauche interne des pattes antérieures, vessie absente. Dissections du 12 au 25 mai.

Dix-sept têtards disséqués : tous sont parasités par de nombreuses larves de Polystomes. Celles-ci sont fixées dans la cavité branchiale et sur les branchies. Leur intestin est vide, la longueur est celle de la larve au sortir de l'œuf, soit 300^{μ}. Le disque adhésif présente les seize crochets caractéristiques, l'ébauche des deux grands crochets que l'on trouve chez l'adulte, sous forme de deux baguettes très fines légèrement arquées. Le nombre des larves fixées sur un têtard est variable, en général de 5 à 10, mais dans un cas j'en ai compté 35. Je n'ai pas observé de larves ailleurs que dans la cavité branchiale.

Deuxième groupe. — Têtards possédant des pattes postérieures développées, des pattes antérieures formées mais non complètement sorties de la cavité branchiale (souvent une seule patte antérieure est externe). La vessie commence à se développer. Cet état du têtard dure un jour ou deux seulement. Dissections du 25 mai au 5 juin.

Treize têtards disséqués, tous sont parasités. La plupart des larves sont fixées dans la cavité branchiale en nombre moyen de 5 à 10, le maximum observé étant 14. Dans un cas j'ai trouvé deux larves dans l'intestin, dans un autre cas, une larve dans la vessie. L'état des larves est sensiblement le même que celui décrit pour le premier groupe. Toutefois la taille a augmenté, la longueur est en moyenne de 500^{μ} ; quelques-unes, mais le cas est rare, ont acquis leur première paire de ventouses. Les mouvements sont lents, les larves isolées rampent en se fixant alternativement par le disque adhésif et la bouche formant ventouse.

Troisième groupe. — Têtards dont les quatre pattes sont sorties, la queue encore entière, ou commençant à peine à régresser. La vessie est bien développée, l'instestin est vide et déjà très raccourci, les branchies internes commencent à disparaître. Dissections du 25 mai au 5 juin. Cet état du têtard est également de courte durée. Depuis le moment où les pattes antérieures sont visibles dans la cavité branchiale (deuxième groupe) jusqu'au moment où le têtard s'est métamorphosé en petite grenouille, quelques jours suffisent.

Vingt têtards disséqués, tous sont parasités. Dans 7 cas j'ai trouvé des Polystomes sur les branchies, dans 2 cas, j'ai trouvé une ou trois larves dans l'intestin, dans les 20 cas il y avait des larves dans la vessie, le maximum observé dans un têtard était de 21 parasites. L'état des larves est celui décrit pour le deuxième groupe.

Quatrième groupe. — Jeunes grenouilles métamorphosées depuis 10 à 15 jours et nourries avec des Drosophiles. Plus de traces de branchies, vessie bien développée.

Cinq grenouilles disséquées renfermant de 8 à 10 Polystomés dans la vessie. Ceux-ci se sont nettement développés, la taille a augmenté, la longueur atteint 700^{μ}, tous ont deux paires de ventouses, la plupart ont déjà acquis leur troisième paire, les deux grands crochets sont bien formés, il reste encore, à la base du disque adhésif, les petits crochets de la larve, le tube digestif est pigmenté en brun et très nettement visible, les yeux sont toujours apparents.

L'examen comparatif de ces résultats montre que la migration des Polystomes des branchies à la vessie a lieu au cours des 4 ou 5 jours pendant lesquels dure la métamorphose. Cette migration coïncide avec l'apparition de la vessie, qui prend naissance dans le même temps et avec la disparition des branchies. Elle se fait par la voie digestive, commence en général lorsque les pattes antérieures deviennent externes, et s'opère très rapidement, puisque, dans 13 cas sur 20, où les 4 pattes sont apparentes, on ne trouve déjà plus de parasites dans la cavité branchiale.

Ces faits ne sont pas limités aux expériences de laboratoire. En disséquant des têtards recueillis en mai aux environs de Paris, à Chaville et à Crosnes, j'ai pu observer des Polystomes néoténiques fixés dans la cavité branchiale. Sur 25 têtards de Crosnes, 1 était ainsi parasité, sur 38 de Chaville, 6 possédaient des Polystomes néoténiques. La génération des Polystomes issue des formes néoténiques passe donc dans la vessie de l'hôte après avoir vécu dans sa cavité branchiale.

La possibilité, pour *P. integerrimum*, de présenter dans son cycle une forme néoténique, qui, issue d'un œuf, en pond plusieurs centaines, est importante pour la multiplication et la propagation de l'espèce. C'est là un processus, qui, par ses résultats numériques, est du même ordre que la multiplication asexuée aux dépens d'un sporocyste, telle qu'on l'observe chez les Trématodes Digénétiques.

HÉMATOLOGIE. — *Valeur morphologique des corpuscules du sang de* Magelona papillicornis *F. Müll.* Note de M. A. **Dehorne**.

Le sang vasculaire de ce Polychète présente une particularité; il est rouge, mais sa coloration ne provient pas de la présence d'une hémoglobine dissoute dans le plasma comme c'est la règle chez les Annélides. Ici le

plasma incolore est bourré de corpuscules rosés chargés d'hémérythrine, pigment très riche en fer, mais qui n'oxyde pas la benzidine (M. Prenant), ne donne pas de cristaux et ne présente pas de bandes d'absorption au microspectroscope (Benham).

Pour Romieu [*Recherches histophysiologiques sur le sang et sur le corps cardiaque des Annélides Polychètes* (*Arch. de Morph. gén. et exp.*, fasc. 17, 1923)] ces corpuscules intravasculaires sont des hématies anucléées minuscules semblables à celles des Mammifères, c'est-à-dire des hématies vraies : à cet égard, *Magelona* offre un exemple unique parmi les Invertébrés. Rien qu'au seul examen microscopique, il nous a toujours semblé que cette opinion ne pouvait être valable ; mais pour trancher le problème nous nous sommes proposé d'établir l'origine des corpuscules.

Voici le résultat de nos observations : les corpuscules se forment comme des grains de sécrétion à l'intérieur de curieuses cellules endovasculaires qu'on trouve surtout dans les conduits veineux, en particulier dans les vaisseaux sinueux des organes latéraux de Mac Intosh. D'après Romieu, les seuls noyaux faisant partie des parois vasculaires seraient des noyaux tournés vers le cœlome ; or, nous voyons en de nombreux endroits, à la face interne de la membrane anhiste, des éléments étoilés renfermant un ou plusieurs noyaux et qui constituent des plaques, des cordons de nature syncytiale à distribution irrégulière ; c'est dans leur cytoplasme qu'apparaissent et mûrissent les corpuscules imprégnés d'hémérythrine du sang circulant. On distingue deux aspects principaux : dans l'un, le revêtement syncytial offre assez peu d'épaisseur avec des gros noyaux arrondis et un cytoplasme azurophile dense. Dans l'autre, il forme de place en place des masses importantes de cytoplasme hypertrophié tenant en suspension une grande quantité de grains à hémérythrine qui fixent vigoureusement la fuchsine ; on y voit aussi des noyaux allongés, faiblement chromatiques et probablement en dégénérescence, déja figurés par Benham (1897) qui les signale comme étant nus parmi les corpuscules.

Les plus petits corpuscules ne mesurent guère plus de 0,6 μ ; à côté d'eux, dans le cytoplasme sécrétant, siègent tous les stades de croissance jusqu'à 3 μ ; à partir de 2 μ environ, une petite vacuole à contenu chromophobe apparaît dans nombre d'entre eux ; celle-ci, au fur et à mesure de la croissance du grain, devient de plus en plus excentrique. Alors le syncytium, fortement gonflé et chargé de grains, subit une fonte qui représente une sorte de destruction holocrine.

Les corpuscules entraînés dans le courant circulatoire continuent à

croître ; dans le milieu de leur vacuole excentrique apparaît fréquemment une sphérule vue sur le frais par Mac Intosh (1878) ; la vacuole devient parfois si grande que certains globules se présentent comme des sphères réfringentes avec un croissant colorable d'épaisseur variable, aspect rappelant de près la transformation que subissent couramment les nucléoles. Les plus grands corpuscules atteignent jusqu'à 6 μ ; ils peuvent renfermer plusieurs vacuoles et montrent la structure bulleuse connue dans maintes enclaves, par exemple dans les plasmopyrènes décrits par Champy (1911) dans l'intestin des Batraciens.

En résumé, les corpuscules du sang de *Magelona* sont des grains sécrétés par des éléments endovasculaires syncytiaux qu'on trouve dans certains conduits veineux. Le pigment sanguin, au lieu d'être à l'état de solution dans le plasma, se trouve porté par des grains qui ont la valeur des plastes chlorophylliens.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'équilibre entre les acides lactique et pyruvique.* Note [1] de M. **René Wurmser** et Mlle **Nelicia Mayer**, présentée par M. Georges Urbain.

Dans une Note récente [2], il a été montré que le potentiel normal du système

$$CH^3.CHOH.COO^- \rightleftharpoons CH^3.CO.COO^- + H^2 \qquad (1)$$

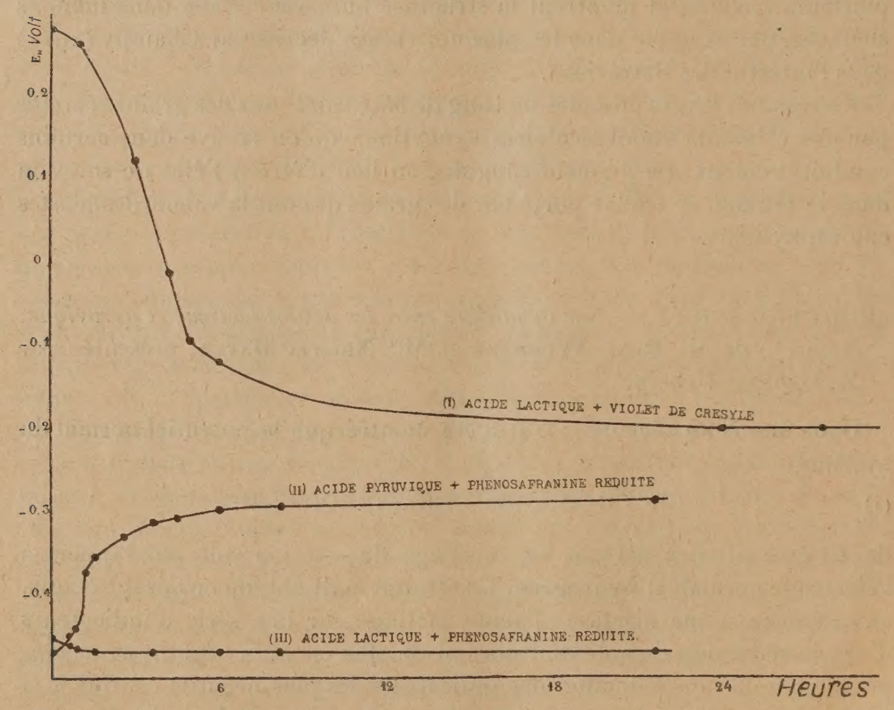
devait être situé, à pH 7,4, au voisinage de —0,200 volt par rapport à l'électrode normale d'hydrogène. Ce résultat était obtenu en faisant réagir, en présence d'une diastase, l'acide lactique sur une série d'indicateurs d'oxydo-réduction de potentiel normal de plus en plus négatif, et en supposant que la non-réduction des indicateurs les plus négatifs est due à la prédominance de la réaction inverse. Cette hypothèse était rendue légitime par le fait que les indicateurs employés avaient une constitution chimique trop voisine pour que l'on puisse admettre une sélectivité de la diastase vis-à-vis de ceux d'entre eux dont le potentiel normal est plus positif que —0,200 volt, à pH 7,4. Cependant il était désirable d'apporter une preuve directe de notre hypothèse. Il fallait montrer que tandis que l'acide lactique réduit le violet de crésyle, dont le potentiel normal à pH 7,4 est plus

(1) Séance du 27 juin 1932.

(2) René Wurmser et Z. de Boe, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 2139.

positif que —0,200 volt, l'acide pyruvique oxyde un indicateur à l'état réduit dont le potentiel normal est plus négatif.

L'expérience a été réalisée de la manière suivante. On a utilisé comme indicateur la phénosafranine et comme catalyseur, ainsi que dans les recherches antérieures, la diastase de Stephenson [1]. 1^{cm^3} de l'autolysat de *B. coli* qui constitue ce catalyseur est dilué avec 1^{cm^3} d'un tampon de phos-



phate à pH 7,4 saturé de toluène. On ajoute 1^{cm^3} de pyruvate de sodium M/20, et enfin 1^{cm^3} d'une solution de phénosafranine M/1000 réduite avec un léger excès d'hydrosulfite de sodium. On peut facilement effectuer l'expérience dans un tube renversé sur une cuve de mercure. A 37°C. la phénosafranine se recolore en des temps variant de 15 minutes à 2 heures, suivant l'activité de la diastase et l'excès d'hydrosulfite, qui a pour but de se combiner avec l'oxygène dissous dans les solutions de pyruvate et de diastase. La recoloration se produit aussi, mais beaucoup plus lentement, en l'absence de dias-

---

(1) M. Stephenson, *Biochem. Journ.*, 22, 1928, p. 605.

tase ou en présence de diastase bouillie. Enfin des tubes témoins, contenant au lieu de pyruvate une solution équivalente de lactate, restent toujours incolores.

Le graphique représente la marche de la réaction (1) dans le sens progressif en présence de violet de crésyle comme accepteur et dans le sens régressif en présence de phénosafranine réduite comme donateur d'hydrogène (courbes I et II). Les courbes représentent les potentiels E_H d'une électrode de platine plongée dans la solution. Les mesures ont été effectuées dans un tube de Thunberg modifié de manière à permettre les mesures électrométriques. La signification de telles courbes a déjà été discutée. Elles donnent le potentiel du système oxydo-réducteur contenu dans la solution et indiquent par conséquent la valeur du rapport de la forme réduite à la forme oxydée de l'indicateur, puisque les acides lactique et pyruvique sont par eux-mêmes inactifs sur l'électrode.

L'allure des courbes I et II établit nettement l'existence d'un équilibre entre l'acide lactique et l'acide pyruvique. La courbe III montre, comme il fallait s'y attendre, que l'acide lactique n'oxyde pas la phénosafranine réduite. Les courbes I et II ne finissent pas par se confondre parce que l'électrode, pour des raisons cinétiques, ne peut pas révéler des écarts excessifs par rapport au potentiel normal du système oxydo-réducteur, et que les potentiels normaux du violet de crésyle et de la phénosafranine sont trop écartés l'un de l'autre. Pour obtenir une valeur précise de l'énergie libre de la réaction (1), il faudra donc répéter les mesures avec un indicateur intermédiaire.

A 15^h55^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h.

E. P.

ERRATA.

—

(Séance du 30 mai 1932.)

Note de Mlle *Mary L. Cartwright*, Sur les directions de Borel des fonctions entières d'ordre fini :

Page 1890, Corollaire II, *au lieu de* $\Omega \geq \min(\pi/\rho\,;\, 2\pi)$, *lire* $\Omega \geq \min(\pi/\rho\,;\, 2\pi - \pi/\rho)$.
Page 1891, lignes 20-22, *au lieu de* 1° Pour..., *lire* 1° Pour chaque $\delta > 0$ et pour certains $\zeta > 0$,

$$\overline{\lim_{r=\infty}}\, n(r;\, \beta-\delta,\, \gamma-\zeta)/r^{\rho_1(r)} = \eta(\delta) > 0.$$

(Séance du 13 juin 1932.)

Note de M. *Henri Deslandres*, Relations simples du spectre moléculaire avec la structure de la molécule :

Page 2094, ligne 32, *au lieu de* $267{,}3 = d_1/3 + 1{,}7$, *lire* $= d_1/4 + 17$, et *au lieu de* $347{,}4 = d_1/4 - 6{,}8$, *lire* $= d_1/3 - 6{,}8$.

Note de Mlle *M. L. Cartwright*, Sur quelques propriétés des directions de Borel des fonctions entières d'ordre fini :

Page 2121, ligne 7 en remontant, *au lieu de* $|\arg z| \leq \frac{1}{2}\pi/\rho$, *lire* $|\arg z| < \frac{1}{2}\pi/\rho$.